

国際調査報告書
 挙げられた文献

計614

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-289127

(P2004-289127A)

(43) 公開日 平成16年10月14日 (2004.10.14)

(51) Int. Cl. 7

H01L 21/027

G03F 7/20

F I

H01L 21/30 515D

G03F 7/20 521

H01L 21/30 515G

テーマコード (参考)

5F046

審査請求 有 請求項の数 45 O L 外国語出願 (全 70 頁)

(21) 出願番号 特願2003-417260 (P2003-417260)
 (22) 出願日 平成15年11月11日 (2003.11.11)
 (31) 優先権主張番号 02257822.3
 (32) 優先日 平成14年11月12日 (2002.11.12)
 (33) 優先権主張国 欧州特許庁 (EP)
 (31) 優先権主張番号 03253636.9
 (32) 優先日 平成15年6月9日 (2003.6.9)
 (33) 優先権主張国 欧州特許庁 (EP)

(71) 出願人 502010332
 エイエスエムエル ネザランドズ ベスロ
 ーテン フェンノートシャップ
 オランダ国 5503 エルエイ フェル
 トホーフェン, デ ルン 1110
 (74) 代理人 100066692
 弁理士 浅村 皓
 (74) 代理人 100072040
 弁理士 浅村 肇
 (74) 代理人 100087217
 弁理士 吉田 裕
 (74) 代理人 100080263
 弁理士 岩本 行夫

最終頁に続く

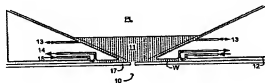
(54) 【発明の名称】 リソグラフィ装置およびデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 投影システムの最終要素と基板間の空間を液体で充填するリソグラフィ投影装置を開示する。

【解決手段】 縁密封部材 17、117 が、基板テーブル WT 上の基板 W または他のオブジェクトを少なくとも部分的に囲み、基板の縁部分を撮像または照明する場合の破局的液体損を防止する。

【選択図】 図 3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一放射線の投影ビームを供給する放射線システムと、
一パターン形成手段を支持する支持構造とを備え、パターン形成手段は、所望のパターンに従って投影ビームにパターン形成する働きをし、さらに、
一基板を保持する基板テーブルと、
一パターン形成したビームを基板の標的部分に投影する投影システムと、
一前記投影システムの最終要素と、基板テーブル上に配置されたオブジェクト間の空間を液体で少なくとも部分的に充填する液体供給システムとを備え、
前記基板テーブルが、さらに、オブジェクトも縁を少なくとも部分的に囲む縁密封部材と、前記縁密封部材と前記投影システムとは反対側にあるオブジェクトとの間のギャップに真空または液体を供給するよう配置された真空孔または液体供給孔とを備えることを特徴とするリソグラフィ投影装置。

10

【請求項 2】

前記基板テーブルが、さらに、前記真空孔の半径方向内側に配置された流路を備え、前記流路が気体源に接続され、したがって前記真空源を起動すると、前記流路から前記真空源へと半径方向外向きの気体流を確立することができる、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

前記基板に接触する節が、前記流路の半径方向外側、および前記真空孔の内側に存在する、請求項 2 に記載の装置。

20

【請求項 4】

前記基板テーブルが、さらに、オブジェクトの下に延在し、前記真空孔の半径方向外側にある孔を備える、請求項 1 から 3 いずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 5】

前記部分が、前記オブジェクトに向かって延在し、それによって前記オブジェクトを少なくとも部分的に支持する部品を有する、請求項 4 に記載の装置。

【請求項 6】

前記節および／または部分および／または部品が、前記基板を支持するピン・テーブルの部品である、請求項 3 から 5 いずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 7】

さらに、前記基板テーブル内に、前記真空孔を介して前記ギャップと、および前記真空源と流体接続する区画を備える、請求項 1 から 6 いずれか 1 項に記載の装置。

30

【請求項 8】

前記真空孔が環状である、請求項 1 から 7 いずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 9】

前記真空孔が不連続である、請求項 1 から 8 いずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 10】

前記真空孔が連続している、請求項 1 から 8 いずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 11】

前記真空孔が、縁密封部材の縁部分に隣接して配置される、請求項 1 から 10 いずれか 1 項に記載の装置。

40

【請求項 12】

一放射線の投影ビームを共有する放射線システムと、
一パターン形成手段を支持する支持構造とを備え、パターン形成手段が、所望のパターンに従って投影ビームにパターン形成する働きをし、さらに、
一基板を保持する基板テーブルと、
一パターン形成したビームを基板の標的部分に投影する投影システムと、
一前記投影システムの最終要素と、基板テーブル上に配置されたオブジェクト間の空間を液体で少なくとも部分的に充填する液体供給システムとを備え、
前記基板テーブルが、さらに、オブジェクトも縁を少なくとも部分的に囲み、前記投影

50

システムに面してオブジェクトの１次表面とほぼ同一平面上にある１次表面を提供する縁密封部材を備え、前記液体供給システムが、前記オブジェクトおよび／または前記縁密封部材および／または基板の局所的区域に液体を供給することを特徴とするリンググラフィ投影装置。

【請求項１３】

前記縁密封部材およびオブジェクトが、相互に対して動作可能に装着される、請求項１２に記載の装置。

【請求項１４】

前記縁密封部材が、前記縁密封部材とオブジェクト間の距離を変動するため、前記縁密封部材の前記１次表面にほぼ平行な面で動作可能である、請求項１２または１３に記載の装置。

【請求項１５】

前記基板テーブルが、さらに、装置の光軸にほぼ平行な方向で、前記基板テーブルの残りの部分に対して前記縁密封部材を動作させるアクチュエータを備える、請求項１２、１３または１４に記載の装置。

【請求項１６】

前記アクチュエータがウェッジ部材を備え、これは、前記縁密封部材の前記１次表面にほぼ平行な方向に動作すると、前記縁密封部材を前記基板テーブルの残りの部分に対して、装置の光軸にほぼ平行な方向で動作させるのに効果的である、請求項１５に記載の装置。

【請求項１７】

前記ウェッジが、起動力を除去すると、前記ウェッジの摩擦係数によって所定の位置にロックされるよう配置される、請求項１６に記載の装置。

【請求項１８】

前記基板テーブルが、さらに、前記縁密封部材およびオブジェクトの縁部分の近傍で、前記縁密封部材およびオブジェクトの前記投影システムとは反対側にある疎水性層を備える、請求項１２から１７いずれか１項に記載の装置。

【請求項１９】

前記液体が、前記疎水性層との間に９０°より大きい接触角を有する、請求項１８に記載の装置。

【請求項２０】

前記縁密封部材が、前記縁密封部材の１次表面と同一平面上にある上面を有し、前記装置の光軸に向かって延在する突起を有する、請求項１２から１９いずれか１項に記載の装置。

【請求項２１】

前記基板テーブルが、さらに、光軸の方向で前記縁密封部材およびオブジェクトの両方に突き当たるか、または少なくとも部分的に重畳するギャップ密封部材を備える、請求項１２から２０いずれか１項に記載の装置。

【請求項２２】

前記ギャップ密封部材が、前記１次表面と接触し、それによって前記縁密封部材とオブジェクト間のギャップに広がるためのものである、請求項２１に記載の装置。

【請求項２３】

前記ギャップ密封部材が内縁および外縁を有し、前記縁の少なくとも一方がテーパー状になり、したがってギャップ密封部材の縁密封部材またはオブジェクトの１次表面に面していない表面の距離が、ギャップ密封部材の縁に向かって減少する、請求項２１または２２に記載の装置。

【請求項２４】

前記基板テーブルが、さらに、前記ギャップ密封部材を所定の位置に保持するため、前記縁密封部材の前記１次表面に真空孔を備える、請求項２１から２３いずれか１項に記載の装置。

20

30

50

【請求項 25】

前記基板テーブルが、前記基板テーブルの残りの部分に対して前記オブジェクトの1次表面の距離を変動させる手段を含む、請求項12から24いずれか1項に記載の装置。

【請求項 26】

—放射線の投影ビームを共有する放射線システムと、
—パターン形成手段を支持する支持構造とを備え、パターン形成手段が、所望のパターンに従って投影ビームにパターン形成する働きをし、さらに、
—基板を保持する基板テーブルと、
—パターン形成したビームを基板の標的部分に投影する投影システムと、
—前記投影システムの最終要素と、基板テーブル上に配置されたオブジェクト間の空間を液体で少なくとも部分的に充填する液体供給システムとを備え、
前記基板テーブルが、さらに、オブジェクトの縁を少なくとも部分的に囲む縁密封部材と、前記縁密封部材とオブジェクト間のギャップにまたがって延在し、オブジェクトと接触するさらなる縁密封部材とを備えることを特徴とするリングラフィ投影装置。

【請求項 27】

前記さらなる縁密封部材が可換性である、請求項26に記載の装置。

【請求項 28】

前記さらなる可換性の縁密封部材を前記縁密封部材に取り付ける、請求項27に記載の装置。

【請求項 29】

前記さらなる可換性の縁密封部材が、真空源に接続され、前記縁密封部材から遠位側のその端部に隣接する孔を有し、したがって前記真空源を起動すると、オブジェクトに作用する真空源によって発生した力により、前記さらなる可換性縁密封部材が、上方向に屈曲可能で、オブジェクトと接触し、それによって前記さらなる可換性縁密封部材とオブジェクトとの間に密封を形成する、請求項26、27または28に記載の装置。

【請求項 30】

さらに、前記オブジェクトの下で前記基板テーブルに取り付けられ、取付点から半径方向外側に自由端がある第2のさらなる可換性縁密封部材を備える、請求項26または27に記載の装置。

【請求項 31】

前記さらなる可換性縁密封部材が、前記縁密封部材とオブジェクトの間に配置され、前記縁密封部材およびオブジェクトの前記1次表面とほぼ同一平面上にある表面を有する、請求項26または27に記載の装置。

【請求項 32】

前記さらなる可換性縁密封部材が、その1次表面の反対側の表面にあるオブジェクトと接触するよう形成される、請求項31に記載の装置。

【請求項 33】

前記さらなる可換性縁密封部材が、オブジェクトを前記基板テーブル上に保持している場合に、前記基板テーブルから離れる力をオブジェクトに加えるのに有効である、請求項31または32に記載の装置。

【請求項 34】

—放射線の投影ビームを共有する放射線システムと、
—パターン形成手段を支持する支持構造とを備え、パターン形成手段が、所望のパターンに従って投影ビームにパターン形成する働きをし、さらに、
—基板を保持する基板テーブルと、
—パターン形成したビームを基板の標的部分に投影する投影システムと、
—前記投影システムの最終要素と、基板テーブル上に配置されたオブジェクト間の空間を液体で少なくとも部分的に充填する液体供給システムとを備え、
前記基板テーブルが、さらに、前記投影システムとオブジェクトの間で中間プレートを支持し、オブジェクトと接触しない支持表面を備えることを特徴とするリングラフィ投影

装置。

【請求項 3 5】

前記液体供給システムが、前記中間プレートと前記オブジェクト間の空間を液体で充填するために液体供給孔を含む、請求項 3 4 に記載の装置。

【請求項 3 6】

前記基板テーブルが、さらに、ビームを感知する透過像センサを備え、前記中間プレートが、前記センサと前記投影システムの間に配置される、請求項 3 4 または 3 5 に記載の装置。

【請求項 3 7】

前記液体供給システムが、前記投影システムの最終要素を前記中間プレート間の空間を液体で充填するために投影システム液体供給システムを含む、請求項 3 4、3 5 または 3 6 に記載の装置。

【請求項 3 8】

前記中間プレートが、装置の光軸に対して直角の面に、前記オブジェクトより大きい断面積を有し、したがって前記オブジェクトの縁を全て、前記中間プレートで覆うことができる、請求項 3 4 から 3 7 いずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 3 9】

一放射線の投影ビームを共有する放射線システムと、
一パターン形成手段を支持する支持構造とを備え、パターン形成手段が、所望のパターンに従って投影ビームにパターン形成する働きをし、さらに、
一基板を保持する基板テーブルと、
一パターン形成したビームを基板の標的部分に投影する投影システムと、
一前記投影システムの最終要素と、基板テーブル上に配置されたオブジェクト間の空間を液体で少なくとも部分的に充填する液体供給システムとを備える装置で、
さらに、
一前記空間の境界の少なくとも一部に沿って、前記投影システムの最終要素と前記基板テーブルの間に延在する液体供給システムの部材と、
一前記基板テーブルから延在し、前記部材と前記投影システムの前記最終要素との間に配置された毛管とを備えることを特徴とするリングラフィ投影装置。

【請求項 4 0】

前記毛管がチューブである、請求項 3 7 に記載の装置。

【請求項 4 1】

前記毛管が多孔質膜で形成される、請求項 4 0 に記載の装置。

【請求項 4 2】

前記毛管の内部コーティングが疎水性である、請求項 3 9 から 4 1 いずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 4 3】

さらに、前記空間内の前記液体と前記毛管との間に電位差を与える手段を備える、請求項 3 9 から 4 2 いずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 4 4】

撮像すべき前記オブジェクトが基板またはセンサである、請求項 1 から 4 3 いずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 4 5】

前記縁密封部材、または前記第 1 または第 2 のさらなる縁密封部材を、前記オブジェクトの周囲で前記オブジェクトに接着する、請求項 1 から 4 4 いずれか 1 項に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、

一放射線の投影ビームを供給する放射線システムと、

— パターニング手段を支持する支持構造とを備え、パターニング手段は、所望のパターンに従って投影ビームにパターン形成する働きをし、さらに、
— 基板を保持する基板テーブルと、
— パターン形成したビームを基板の標的部に投影する投影システムと、
— 前記投影システムの最終要素と、前記基板テーブル上に配置されたオブジェクトとの間の空間を、液体で少なくとも部分的に充填する液体供給システムとからなるリングラファイ投影装置に関する。

【背景技術】

【0002】

「パターニング手段」という用語は、本明細書で使用すると、基板の標的部に生成すべきパターンに対応し、パターン形成した断面を、入射放射線ビームに与えるために使用することができる手段を指すよう広義に解釈され、「ライトパルプ」という用語も、この文脈で使用することができる。概して、前記パターンは、集積回路または他のデバイス（以下参照）など、標的部に生成するデバイスの特定の機能層に対応する。このようなパターニング手段の例は以下を含む。

— マスク。マスクの概念はリングラファイでよく知られ、バイナリ、交互位相ずれ、および減衰位相ずれ、さらに様々な複合マスク・タイプなどのマスク・タイプを含む。このようなマスクを放射線ビームに配置すると、マスク上のパターンに従いマスクに衝突する放射線の選択的透過（透過性マスクの場合）または反射（反射性マスクの場合）が生じる。マスクの場合、支持構造は概ねマスク・テーブルであり、これによりマスクを入射放射線ビームの所望の位置に保持でき、所望に応じてビームに対して移動できることが保証される。

— プログラマブル・ミラー・アレイ。このような装置の一例は、粘着性制御層および反射性表面を有するマトリックス・アドレス指定可能表面である。このような装置の元となる原理は、（例えば）反射性表面のアドレス指定された区域は、屈折光として入射光を反射し、アドレス指定されない区域は非屈折光として入射光を反射することである。適切なフィルタを使用すると、前記非屈折光を反射ビームから除去し、屈折光のみを残すことができる。この方法で、ビームはマトリックス・アドレス指定可能表面のアドレス指定パターンに従ってパターン形成される。プログラマブル・ミラー・アレイの代替実施例は、微小なミラーのマトリックス構成を使用し、各ミラーは、局所化した適切な電界を与えるか、圧電駆動手段を使用することによって軸線の周囲で個々に傾斜させることができる。この場合もミラーはマトリックス・アドレス指定可能であり、したがってアドレス指定されたミラーは、アドレス指定されないミラーとは異なる方向に放射線ビームを反射し、この方法により、反射ビームはマトリックス・アドレス指定可能ミラーのアドレス指定パターンに従ってパターン形成される。必要なマトリックス・アドレス指定は、適切な電子的手段を使用して実施することができる。上述した状況の双方で、パターニング手段は、1つまたは複数のプログラマブル・ミラー・アレイを備えることができる。本明細書で言及するミラー・アレイに関する詳細な情報は、例えば米国特許第5,296,891号および米国特許第5,523,193号および国際PCT特許出願第98/38597号および第98/33096号で収集することができ、これらは参照により本明細書に組み込まれる。プログラマブル・ミラー・アレイの場合、前記支持構造は、必要に応じて固定するか動作可能なフレームまたはテーブルなどとして実現してもよい。

— プログラマブルLCDアレイ。このような構造の一例が米国特許第5,229,872号で与えられ、これは参照により本明細書に組み込まれる。上記と同様、この場合の支持構造は、必要に応じて固定するか動作可能なフレームまたはテーブルなどとして実現してもよい。

【0003】

単純にするため、本明細書ではこれ以降、特定の箇所、マスクおよびマスク・テーブルに関わる例を特に指向するが、このような場合に検討される一般原理は、以上で記述したようなパターニング手段という、より広義の文脈で考慮されたい。

【0004】

リソグラフィ投影装置は、例えば集積回路(1C)の製造に使用することができる。このような場合、パターンニング手段は、1Cの個々の層に対応する回路パターンを生成してよく、このパターンを、放射線感受性材料(レジスト)の層で被覆した基板(シリコン・ウェハ)上の標的部分(例えば1つまたは複数のダイを備える)に撮像することができる。概して、1枚のウェハが、1回に1つずつ投影システムを介して連続的に放射される隣接標的部分の全ネットワークを含む。マスク・テーブル上のマスクによるパターン形成を使用するこの装置では、2つの異なるタイプの機械を区別することができる。一方のタイプのリソグラフィ投影装置では、マスク・パターン全体を1回で標的部分に曝露させることにより、各標的部分に照射し、このような装置は通常、ウェハ・ステッパと呼ばれる。一般に走査ステップ式装置と呼ばれる代替装置では、投影ビームの下で任意の基準方向(「走査」方向)でマスク・パターンを漸進的に走査しながら、この方向に平行または逆平行に基板テーブルを同期走査することにより、各標的部分に照射する。概して、投影システムは倍率M(概ね <1)を有するので、基板テーブルを走査する速度Vは、係数Mにマスク・テーブルを走査する速度を掛ける値となる。本明細書で説明するようなリソグラフィ装置に関する詳細な情報は、例えば参照により本明細書に組み込まれる米国特許第6,046,792号で収集することができる。

【0005】

リソグラフィ投影装置を使用する製造プロセスでは、少なくとも部分的に放射線感受性材料(レジスト)の層で覆われた基板に、(例えばマスクの)パターンを撮像する。この撮像ステップの前に、基板にはプライミング、レジスト被覆およびソフト・ベークなどの様々な手順を実施してよい。露光後、基板は、撮像した特徴の現像前ベーク(PEB)、現像、ハード・ベークおよび測定/検査など、他の手順を実施することができる。この一連の手順は、例えば1Cなど、デバイスの個々の層にパターン形成するためのベースとして使用する。このようなパターン形成した層は、次にエッチング、イオン注入(ドーピング)、メタライゼーション、酸化、化学機械的研磨などの様々なプロセスを実施することができる。これらは全て、個々の層を仕上げるよう意図されている。数層が必要な場合は、手順全体またはその変形を新しい層ごとに反復しなければならない。最終的に、アレイ状のデバイスが基板(ウェハ)上に存在する。次にこれらのデバイスを、ダイシングまたはソーイングなどの技術によって相互から分離し、ここで個々のデバイスをキャリア上に装着したり、ピンに接続したりすることができる。このようなプロセスに関するさらなる情報は、例えば参照により本明細書に組み込まれるPeter van Zant著の「Microchip Fabrication: A Practical Guide to Semiconductor Processing」第3版(McGraw Hill Publishing Co., 1997, ISBN 0-07-067250-4)という著書から獲得することができる。

【0006】

単純にするため、投影システムをこれ以降「レンズ」と呼ぶが、この用語は、例えば屈折光学系、反射光学系および反射屈折光学系など、様々なタイプの投影システムを含むものと広義に解釈されたい。放射線システムは、投影放射ビームを配向、成形、または制御するため、これらの設計タイプのいずれかにより動作するコンポーネントも含むことができる。このようなコンポーネントは、以下で集合的または単独で「レンズ」とも呼ぶことができる。さらに、リソグラフィ装置は、2つ以上の基板テーブル(および/または2つ以上のマスク・テーブル)を有するタイプでもよい。このような「複数ステージ」のデバイスでは、追加テーブルを平行にして使用するか、1つまたは複数のテーブルで予備ステップを実施しながら、1つまたは複数のテーブルを露光に使用する。二重ステージ・リソグラフィ装置は、例えば参照により本明細書に組み込まれる米国特許第5,969,441号および国際特許第98/40791号に記載されている。

【0007】

リソグラフィ投影装置の基板は、投影レンズの最終的光学要素と基板との間の空間を充填するよう、水などの比較的高い屈折率を有する液体に浸漬するよう提案されている。この要点は、露光放射線が空気または真空中より液体中に短い波長を有するので、より小さい機構を撮像できることである。(液体の効果は、システムの有効NAを増加するもの

10

20

30

40

50

としても考えることができる。)

【 0 0 0 8 】

しかし、基板または基板と基板テーブルを液体槽に浸漬すること（例えば参照により全体として本明細書に組み込まれる米国特許第 4, 5 0 9, 8 5 2 号参照）は、走査露光中に加速しなければならない大量の液体があることになる。それには、追加の、またはさらに強力なモータが必要であり、液体中の乱流が、予測不能な望ましくない効果をもたらすことがある。

【 0 0 0 9 】

提案されている解決法の一つは、液体供給システムが、基板の局所化した区域のみ、および投影システムの最終要素と基板との間に液体を供給することである（基板は概ね、投影システムの最終要素より大きい表面積を有する）。これを配置するよう提案された一つの方法が、国際特許第 9 9 / 4 9 5 0 4 号で開示され、これは参照により全体として本明細書に組み込まれる。図 2 2 および図 2 3 で示すように、液体は、少なくとも 1 つの入口 I N によって基板へと、好ましくは最終要素に対する基板の動作方向に沿って供給され、投影システム下を通過した後、少なくとも 1 つの出口 O U T によって除去される。つまり、基板を要素の下で - X 方向に走査しながら、液体を要素の + X 側で供給し、- X 側で除去する。図 2 3 は、入口 I N を介して液体を供給し、低圧源に接続された出口 O U T によって要素の他方で除去する構成を概略的に示す。図 2 2 の図では、液体を最終要素に対して基板の動作方向に沿って供給するが、こうである必要はない。最終要素の周囲に配置された入口および出口の様々な方向および数が可能であり、一例が図 2 3 で示され、こ

【 0 0 1 0 】

このシステム、および基板の局所的区域および投影システムの最終要素と基板との間のみ液体を供給する他のシステムでは、基板の縁部分を撮像し、局所的区域が基板の縁を横切る時に、液体供給システムからの液体が大量に失われるという困難が生じることがある。

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 1 】

基板の縁部分の露光中に供給システムからの液体損失を最少にするリソグラフィ投影装置を提供することが、本発明の目的である。

【 発明を解決するための手段 】

【 0 0 1 2 】

以上およびその他の目的は、本発明により、最初のパラグラフで規定されたようなリソグラフィ装置で、前記テーブルが、さらに、オブジェクトの縁を少なくとも部分的に囲み、オブジェクトの 1 次表面とほぼ同一平面上にある前記投影システムに面する 1 次表面を提供する縁密封部材を備え、液体供給システムが、前記オブジェクトおよび/または前記縁密封部材および/または基板の局所的区域に液体を供給することの特徴とする装置で達成される。

【 0 0 1 3 】

オブジェクトが基板である場合、縁密封部材は、基板テーブル上にあつて、使用時に基板を配置すべき位置を囲む、例えば基板が保持されるチャックまたはピンプル・テーブルを囲むためのものである。この方法で、基板を縁密封部材の縁のすぐ近傍に配置することができ、したがって基板の縁が投影レンズの下で移動する間、空間から液体が突然失われることがない。液体が流れる大きいギャップがないからである。縁密封部材は、基板テーブルの一体部品でも、基板テーブルの残りの部分に対して動作自在に装着してもよい。後者の場合では、オブジェクトの高さまたは厚さの変動に対応するため、つまり縁密封部材の 1 次表面がオブジェクトも 1 次表面とほぼ同一平面上にあることを保証するため、縁密封部材とオブジェクトとの間のギャップを変動させたり、縁密封部材の 1 次表面の高さを変動させたりできる、構成することができる。オブジェクトは、センサ、例えば投影

ビーム・センサでもよい。

【0014】

基板テーブルは、さらに、光軸の方向にて縁密封部材とオブジェクトとの両方に突き当たるか、これと部分的に重畳するギャップ密封部材を備えることが好ましい。例えば、この方法で、縁密封部材の内縁と基板の外縁との間のサイズ不一致のせいで、縁密封部材と（オブジェクトとしての）基板間にあるギャップ（基板の直径のわずかな変動に対応する必要がある）を、ギャップ密封部材で覆うことができる。これにより、縁密封部材と基板との間にあるギャップへの液体損の量がさらに減少する。ギャップ密封部材は、1次表面と接触し、それによって縁密封部材とオブジェクト間のギャップにまたがるものであることが好ましい。

10

【0015】

ギャップ密封部材が内縁および外縁を有する場合、縁密封部材またはオブジェクトに面さないギャップ密封部材の厚さが、ギャップ密封部材の縁に向かって減少するように、縁の少なくとも1つにテーパを設けることができる。これは、液体供給システムが、オブジェクトと縁密封部材間のギャップ上を滑らかに動作することに役立つ。

【0016】

ギャップ密封部材を所定の位置に着脱式に保持する1つの方法は、基板テーブルに、前記縁密封部材の1次表面の真空孔を設けることである。

【0017】

縁密封部材とオブジェクト間のギャップへと逃げる液体の量を最少にする別の方法は、基板テーブルに、投影システムに対して縁密封部材およびオブジェクトとは反対側にて、前記縁密封部材およびオブジェクトの縁部分に面する疎水性層を設けることである。このような疎水性層は、疎水性を呈する任意の材料、例えばテフロン（登録商標）、シリコンゴムまたは他のプラスチック材料でよい。有機コーティングより耐放射線性が優れているので、無機コーティングが概ね好ましい。液体は、疎水性層との間に90°より大きい接触角を有することが好ましい。これは、液体がギャップに滲む可能性を低下させる。

20

【0018】

上述した目的を達成するための代替方法は、最初のパラグラフで規定されたようなリソグラフィ装置で、前記基板テーブルが、さらに、オブジェクトの縁を少なくとも部分的に囲む縁密封部材と、前記縁密封部材とオブジェクト間のギャップを横断して延在し、オブジェクトに接触するさらなる縁密封部材とを備えることを特徴とする装置を設けることである。

30

【0019】

この方法で、縁密封部材とオブジェクト間のギャップは閉鎖され、したがって液体供給システムからの液体が通過できる縁密封部材とオブジェクト間のギャップがなくなる。これは、さらなる縁密封部材が可換性である場合に特にそうであり、その場合、さらなる縁密封部材とオブジェクト間の密封を改善することができる。

【0020】

可換性のさらなる縁密封部材は、縁密封部材に取り付けられて、前記縁密封部材から遠位側のその端部に隣接して真空源に接続されたポートを有し、したがって前記真空源を起動すると、前記可換性のさらなる縁密封部材が上方向に屈曲可能で、オブジェクトに接触し、それによってオブジェクトに作用する真空源によって生成された力のため、前記可換性のさらなる縁密封部材とオブジェクト間に密封を形成することが好ましい。これにより、可換性のさらなる縁密封部材を起動して、オブジェクトと接触させ、オブジェクトから離れるよう停止することができる。真空を与えると、可換性のさらなる縁密封部材とオブジェクト間に良好な密封が確保される。

40

【0021】

代替実施例では、表面が、縁密封部材およびオブジェクトの1次表面とほぼ同一平面である状態で、可換性のさらなる縁密封部材を、縁密封部材とオブジェクトの間に配置する。この方法で、縁密封部材とオブジェクト間のギャップを密封することができ、したがって

50

て少量の液体しかギャップに入ることができない。可換性のさらなる縁密封部材は、1次表面とは反対側の表面でオブジェクトに接触するよう形成することが好ましく、オブジェクト・テーブル上でオブジェクトを保持する場合に、オブジェクト・テーブルから離れるようオブジェクトに力を加えるのに効果的であるので有利である。この方法で、特にオブジェクトが基板である場合、可換性のさらなる縁密封部材は、基板の露光後に基板テーブルから基板を外すのに役立つことができる。

【 0 0 2 2 】

最初のパラグラフで規定されたようなリソグラフィ装置で、オブジェクトの縁部分における液体損の問題に対応する代替方法は、基板テーブルに、オブジェクトの縁を少なくとも部分的に囲む縁密封部材と、前記投影システムとは反対の側で前記縁密封部材とオブジェクト間のギャップに真空または液体を提供するよう配置された真空孔または液体供給孔を設けることである。

【 0 0 2 3 】

液体供給システムの場合は、液体が、投影レンズとオブジェクト間の空間から、縁密封部材とオブジェクト間のギャップへ入ることができない。ギャップが既に液体で充填されているからである。真空の代替法を使用する場合は、そのギャップに入る液体が全て除去され、再利用することができる。真空供給の措置は、液体供給システムのガス密封部材を使用して、液体を投影レンズとオブジェクト間の空間に保持する場合に有利である。これは、ギャップへ入る液体ばかりでなく、ガス密封部材からのガスも全て除去できるからである。

【 0 0 2 4 】

さらに、真空孔の半径方向内側に配置された流路、つまり真空源を起動すると、前記流路から前記真空源に向かう半径方向外側へのガスの流れを確立できるよう、ガス源に接続された流路が有利である。このようなガス流を使用して、オブジェクトの非浸漬側に到達した液体が全て、ガス流に捕捉され、真空源に向かって移送されることを保証することができる。

【 0 0 2 5 】

本発明の目的は、本発明により、最初のパラグラフで規定されたようなリソグラフィ装置で、前記基板テーブルが、さらに、前記投影システムとオブジェクト間の中間プレートで支持し、オブジェクトと接触しない支持表面を備えることを特徴とする装置によっても達成することができる。

【 0 0 2 6 】

この方法で、全体的サイズがオブジェクトより大きい中間プレートを使用することができ、したがって例えばオブジェクトの端部分の撮像中に、縁でギャップを通る液体損の問題がないよう、液体供給システムが中間プレートの中央部分に位置する。このようなシステムでは、ビームを検知する透過像センサ (T I S) を設けることも可能であり、中間プレートをセンサと前記投影システムの間に配置することができる。したがって、投影像センサが、基板を撮像するのと同じ状態でビームを検出することが可能である。したがって、投影ビームを基板上に適正に集束するよう、基板テーブルをさらに正確に配置できる点で、これは有利である。

【 0 0 2 7 】

本発明の目的は、本発明により、最初のパラグラフで規定されたようなリソグラフィ装置で、さらに、前記投影システムの最終要素と前記基板テーブル間の前記空間の境界の少なくとも一部に沿って延在する液体供給システムの部材と、前記基板テーブルから延在し、前記部材と前記投影システムの前記最終要素との間に配置される毛管とを備えることを特徴とする装置でも達成することができる。

【 0 0 2 8 】

この方法で、毛管作用が液体のギャップへの広がり役立つので、破局的液体損が発生する前に、オブジェクトの縁により大きいギャップが広がることができる。

【 0 0 2 9 】

10

20

30

40

50

毛管の内部コーティングは疎水性で、装置は、前記空間内の前記液体と前記毛管との間に電位差を与える手段を備えることが好ましい。この方法で、液体損のためにさらに大きいギャップにまたがることができる。

【 0 0 3 0 】

本発明のさらなる態様によると、デバイス製造方法で、

一少なくとも部分的に放射線感受性材料の層で覆われた基板を提供するステップと、

一放射線システムを使用して放射線の投影ビームを提供するステップと、

一放射線のパターン形成されたビームを放射線感受性材料の層の標的部分に投影するステップと、

一基板テーブル上のオブジェクトと、前記投影ステップで使用した投影システムの最終要素との間の空間を少なくとも部分的に充填するため、液体を提供するステップとを含み

、
1次表面がオブジェクトの1次表面とほぼ同一平面上にある状態で、オブジェクトの縁の少なくとも一部を囲む縁密封部材を設け、前記液体を前記オブジェクトおよび／または縁密封部材の局所的領域に提供するか、

オブジェクトの縁を少なくとも部分的に囲む縁密封部材、および縁密封部材とオブジェクト間のギャップを横切って延在し、オブジェクトに接触するさらなる縁密封部材を設けるか、

オブジェクトの縁を少なくとも部分的に囲む縁密封部材を設け、オブジェクトの前記投影システムとは反対の側で、縁密封部材とオブジェクト間のギャップに真空または液体を

与えるか、
液体がいずれかの側にある状態で、オブジェクトと投影システムの最終要素の間の空間に中間プレートを設置するか、

投影システムの最終要素と前記基板テーブル間の空間の境界の少なくとも一部に沿って延在する部材を設け、部材と投影システムの最終要素との間で基板テーブルから延在する毛管を設けることを特徴とする方法が提供される。

【 0 0 3 1 】

本明細書では、本発明による装置をICの製造に使用することに特に言及しているが、このような装置は、他の多くの用途が可能であることを明示的に理解されたい。例えば、集積光学システム、磁気ドメイン・メモリの案内および検出パターン、液晶表示パネル、薄膜磁気ヘッドなどに使用してもよい。このような代替用途に関して、本明細書で「レチクル」、「ウェーハ」または「ダイ」という用語を使用する場合、それはそれぞれより一般的な「マスク」、「基板」および「標的部分」という用語に置換するものと考えべきことが当業者には理解される。

【 0 0 3 2 】

本明細書では、「放射線」および「ビーム」という用語は、紫外線（例えば波長が365、248、193、157または126nm）を含む全タイプの電磁放射線を含むよう使用される。

【 0 0 3 3 】

次に、本発明の実施形態について、添付概略図を参照しながら、例示によってのみ説明する。

【 0 0 3 4 】

図では、対応する参照記号は対応する部品を示す。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 3 5 】

実施例 1

図1は、本発明の特定の実施例によるリソグラフィ投影装置を概略的に示す。装置は、

一この特定のケースでは放射線源LAも含む、放射線の投影ビームPB（DUV放射線など）を供給する放射線システムEx、Ilと、

一マスクMA（レチクルなど）を保持するためにマスク・ホルダを設け、アイテムPL 50

に対してマスクを正確に位置決めするための第1位置決め手段PMに接続された第1オブジェクト・テーブル(マスク・テーブル)MTと、

—基板W(レジスト被覆したシリコン・ウェーハなど)を保持するために基板ホルダを設け、アイテムPLに対して基板を正確に位置決めするための第2位置決め手段PWに接続された第2オブジェクト・テーブル(基板テーブル)WTと、

—マスクMAの照射部分を基板Wの標的部分C(例えば1つまたは複数のダイを備える)に撮像する投影システム(「レンズ」)PL(屈折システムなど)とを備える。

本明細書で示すように、装置は透過性タイプ(例えば透過性マスクを有する)である。しかし、概して例えば屈折タイプ(例えば屈折性マスクを有する)でもよい。あるいは、装置は、上述したようなタイプのプログラマブル・ミラー・アレイのような別種のパターンニング手段を使用してもよい。

10

[0036]

ソースLA(エキシマ・レーザなど)は放射線ビームを生成する。このビームを、直接、または例えばビーム拡張器Exなどの調整手段を横断した後、照明システム(照明装置)ILに供給する。照明装置ILは、ビームの強度分布の外径および/または内径範囲(一般にそれぞれ外部 σ および内部 σ' と呼ぶ)を設定する調節手段AMを備えてもよい。また、これは概して、集積器INおよびコンデンサCOなどの様々な他のコンポーネントを備える。この方法で、マスクMAに衝突するビームPBは、その断面に所望の強度分布を有する。

20

[0037]

図1に関して、ソースLAは、(ソースLAが例えば水銀灯の場合によくあるように)リソグラフィ投影装置のハウジング内でよいが、リソグラフィ投影装置から離れていてもよく、これが生成する放射線ビームを(例えば適切な配向ミラーの助けで)装置内に導いてもよく、後者の場合は、往々にして、ソースLAがエキシマ・レーザであることに留意されたい。本発明および請求の範囲は、これらのシナリオ両方を含む。

[0038]

ビームPBはその後、マスク・テーブルMT上に保持されたマスクMAと交差する。マスクMAを横切ると、ビームPBはレンズPLを通過し、これはビームPBを基板Wの標的部分Cに集束する。第2位置決め手段(および干渉計測定手段IF)の助けにより、基板テーブルWTを、例えばビームPBの路の異なる標的部分Cに位置決めするよう、正確に移動させることができる。同様に、第1位置決め手段を使用して、例えばマスク・ライブラリからマスクMAを機械的に取り出した後、または走査中に、ビームPBの路に対してマスクMAを正確に位置決めすることができる。概して、オブジェクト・テーブルMT、WTの動作は、図1には明示的に図示されていない長ストローク・モジュール(コース位置決め)および短ストローク・モジュール(微細位置決め)の助けにより実現される。しかし、ウェーハ・ステップの場合、(走査ステップ式装置とは異なり)マスク・テーブルMTを短ストローク・アクチュエータに接続するだけ、またはこれに固定すればよい。

30

[0039]

図示の装置は、2つの異なるモードで使用することができる。

40

1. ステップ・モードでは、マスク・テーブルMTは基本的に静止状態に維持され、マスク像全体を1回で(つまり1つの「フラッシュ」で)標的部分Cに投影する。次に、ビームPBで異なる標的部分Cを照射できるよう、基板テーブルWTをxおよび/またはy方向にシフトさせる。

2. 走査モードでは、基本的に同じシナリオが当てはまるが、1つの「フラッシュ」で所与の標的部分Cを露光しない。代わりに、マスク・テーブルMTは速度vで所与の方向(いわゆる「走査方向」、例えばy方向)に動作可能であり、したがって投影ビームPBがマスク像を走査して、それと同時に基板テーブルWTが速度V=Mvで同方向または逆方向に同時に移動し、ここでMはレンズPLの倍率(通常はM=1/4または1/5)である。この方法で、解像度を妥協することなく、比較的大きい標的部分Cを露光することができる。

50

【 0 0 4 0 】

図 2 は、投影システム P L と、基板ステージ W T 上に配置された基板 W との間の液体リザーバ 1 0 を示す。液体リザーバ 1 0 は、入口／出口ダクト 1 3 を介して提供された水などの比較的高い屈折率を有する液体 1 1 で充填される。液体は、投影ビームの放射線が、空気中または真空中より液体中で短い波長であるという効果を有し、それによってさらに小さい機構を解像することができる。投影システムの解像限度は、特に投影ビームの波長およびシステムの開口数によって決定されることが、よく知られている。液体の存在は、有効開口数を増加させるとも見なすことができる。さらに、固定された開口数では、液体が焦点深度を増大させるのに効果的である。

【 0 0 4 1 】

リザーバ 1 0 は、投影レンズ P L の像フィールドの周囲で基板 W の好ましくは非接触の密封を形成し、したがって液体は、投影システム P L に面する基板の 1 次表面と、投影システム P L の最終光学要素との間の空間充填に限定される。リザーバは、投影レンズ P L の最終要素の下および周囲に配置された密封部材 1 2 によって形成される。したがって、液体供給システムは、基板の局所的領域にのみ液体を提供する。密封部材 1 2 は、投影システムの最終要素と基板間の空間を液体で充填するための液体供給システムの一部を形成する。この液体は、投影レンズの下および密封部材 1 2 内の空間に入る。密封部材 1 2 は、投影レンズの底要素の少し上に延在することが好ましく、液体は、最終要素より上に上がり、したがって液体のバッファが提供される。密封部材 1 2 は、その上端が投影システムまたはその最終要素の形状と非常に一致し、例えば円形でもよい内周を有する。底部では、内周が像フィールドの形状、例えば長方形と非常に一致するが、そうである必要はない。密封部材は、投影システムに対して X Y 面でほぼ静止するが、Z 方向（光軸の方向）には多少の相対的動作があてよい。密封部材と基板の表面との間に密封が形成される。この密封は、非接触密封であることが好ましく、気体密封でよい。

【 0 0 4 2 】

液体 1 1 は、密封装置 1 6 によってリザーバ 1 0 内に限定される。図 2 で示すように、密封装置は非接触密封、つまり気体密封である。気体密封は、加圧状態で入口 1 5 を介して密封部材 1 2 と基板 W との間のギャップに供給され、第 1 出口 1 4 によって抽出される空気または合成空気などの気体で形成される。気体入口 1 5 への過剰圧力、第 1 出口 1 4 への負圧レベルまたは圧力不足およびギャップの幾何学的形状は、液体 1 1 を限定する装置の光軸に向かって内側へと高速の空気流があるよう構成される。

【 0 0 4 3 】

図 2 2 および図 2 3 も、入口 I N、出口 O U T、基板 W および投影レンズ P L の最終要素によって画定された液体リザーバを示す。図 2 の液体供給システムと同様、図 2 2 および図 2 3 で示した液体供給システムは、入口 I N および出口 O U T を備え、投影システムの最終要素と基板との間の局所的領域で基板の 1 次表面に液体を供給し、基板の縁で液体損を経験することができる。

【 0 0 4 4 】

したがって、この実施例についてここでは、液体供給システムは、図 2 および図 2 2 および図 2 3 に関して説明した通りのものを備えることができる。

【 0 0 4 5 】

図 2、図 2 2 および図 2 3 で示した液体供給構成の問題は、基板 W の縁部分の撮像時に発生する。これは、基板 W の縁を投影システム P L の下に配置すると、液体供給システムの限定的な壁（基板 W）の 1 つ（図示のように底部）が除去され、それによって液体が逃げられるからである。しかし、本発明は、他の任意のタイプの液体供給システムに使用することができる。

【 0 0 4 6 】

図 3 は、液体供給システムからの浸漬液体の破局的損失がない状態で、基板 W の縁部分を撮像できる方法を示す。これは、基板テーブル W T 上にカバー・プレートまたは縁密封部材 1 7 を設けることによって達成される。縁密封部材 1 7 は、基板 W の上部 1 次表面と

10

20

30

40

50

ほぼ同一平面上にある（図示で）上部１次表面を有して、基板Wの縁に非常に隣接し、したがって基板の縁が投影レンズPLの下で動作しても、液体の突然の損失はない。それでも、ギャップへの多少の液体損が発生することがある。言うまでもなく、投影システムに對面し、ほぼ同一平面上にあるのが縁密封部材および基板の下面であるよう、図２および図３で示した構造全体を逆さまにして配置した構成もある。したがって、投影システムPLに面する表面を、上面ではなく１次表面と呼ぶ。本明細書で上面および下面と言うのは、それぞれ逆さまの構成での下面および上面も指すと見なすことが適切である。

【 0 0 4 7 】

このシステムでは、液体供給システム（例えばリザーバ１０）は、基板２の縁上に配置し、それでも基板Wから完全に離して移動させることができる。これによって、基板Wの縁部分を撮像することができる。

【 0 0 4 8 】

縁密封部材１７は、（図４で縁密封部材１１７として図示されているように）基板テーブルWTの一体部品を形成するか、例えば負圧吸引を使用するか、電磁力を使用して、基板テーブルの残りの部分に対して一時的に装着することができる。縁密封部材１７は、基板Wの１次表面とほぼ同一平面上になるよう、縁密封部材１７の１次表面が基板テーブルWTより上になる高さを調節できるように、（図５および図６で示すように）基板テーブルの残りの部分に対して移動可能であることが好ましい。この方法で、異なる厚さの基板Wに同じ縁密封部材１７を使用することができる（厚さの公差は、約 $25\mu\text{m}$ であるが、実施例は約 0.2mm までの変動に対応することができる）。縁密封部材１７の位置決め機構は、圧電素子または電磁気、ウォーム・ギアなどを使用してもよい。適切な機構について、以下で説明する第２実施例に関連して説明する。

【 0 0 4 9 】

縁密封部材１７は、幾つかの個々の区画で形成し、それぞれが基板Wの縁の一部を囲んでもよい。

【 0 0 5 0 】

実施例２

第２実施例は図４から図６で図示され、以下の説明以外は第１実施例と同じ、または同様である。

【 0 0 5 1 】

図４および図５の実施例では、縁液体供給システムが、孔４０を介してリザーバ３０に液体を供給する。リザーバ３０中の液体は、任意選択で液体供給システム中の浸漬液と同じである。リザーバ３０は、基板Wの投影レンズとは反対側に配置され、基板Wの縁および縁密封部材１７、１１７の縁に隣接する。図５では、縁密封部材１７は、基板テーブルWTとは別個の要素で構成され、図４では、縁密封部材１１７は、基板テーブルWTの一体部分によって提供される。図４で最も明白に見られるように、基板Wは、いわゆるピンブル・テーブル２０によって基板テーブルWT上に支持される。ピンブル・テーブル２０は複数の突起を備え、その上に基板Wが載る。基板Wは、例えば基板テーブルWTの頂面へと基板を吸引する負圧源などによって、所定の位置に保持される。リザーバ３０を使用すると、基板Wの縁を撮像する時（つまり投影レンズ下で液体供給システム中の液体が基板の縁を横切る時）、液体は液体供給システムから、縁密封部材１７、１１７と基板２間のギャップに逃げるできない。その空間が既に液体で充填されているからである。

【 0 0 5 2 】

基板テーブルWTの残りの部分に対して縁密封部材１７を移動させ、図５に図示された機構１７０を、図６で詳細に示す。縁密封部材１７をこの方法で移動させる理由は、その１次表面を基板Wの１次表面とほぼ同一平面上にできるようにするためである。これによって、液体供給システムは基板Wの縁部分上で滑らかに移動することができ、したがって液体供給システムの底部内周は、一部は基板Wの１次表面上の位置に、一部は縁密封部材１７の１次表面上に移動することができる。

【 0 0 5 3 】

レベル・センサ（図示せず）を使用して、基板Wおよび縁密封部材17の1次表面の相対的高さを検出する。レベル・センサの結果に基づき、縁密封部材17の1次表面の高さを調節するため、制御信号をアクチュエータ171に送信する。閉ループ・アクチュエータもこの目的に使用することができる。

【0054】

アクチュエータ171は、シャフト176を回転させる回転モータである。シャフト176は、モータ171に対して遠位側の端部で円形ディスクに接続される。シャフト176は、ディスクの中心から離れて接続される。ディスクは、ウェッジ部分172の円形窪みに配置される。玉軸受けを使用して、円形ディスクとウェッジ部分172の窪みの側面との摩擦量を軽減してもよい。モータ171は、板ばね177によって所定の位置に保持される。モータを起動すると、ウェッジ部分は、ディスク内でのシャフトの偏心位置のため、図示のように左右に（つまりウェッジ部分の傾斜の方向に）駆動される。モータは、板ばね177によるウェッジ部分172の動作の方向と同じ方向には動作することができない。

【0055】

ウェッジ部分172が図6で示すように左右に移動するにつれ、その上面175（縁密封部材17の1次表面に対して傾斜しているウェッジの表面）が、縁密封部材17の底部に固定されたさらなるウェッジ部材173の底部傾斜面に接触する。縁密封部材17は、ウェッジ部材17の動作方向に動作することができず、したがってウェッジ部材172が左および右に移動すると、縁密封部材17はそれぞれ下降および上昇する。縁密封部材17は基板テーブルWTに向かって多少のバイアスが必要なおことがある。

【0056】

さらなるウェッジ部材173は、例えばウェッジ172の動作方向に対して直角に配置された棒など、代替形状で置換できることは明白である。ウェッジ部材172とさらなるウェッジ部材172との摩擦係数が、ウェッジ角度の正接より大きい場合は、アクチュエータ170が自動制動手段になり、ウェッジ部材172を所定の位置に保持するため、それに力を加える必要がない。これは、アクチュエータ171を起動していない場合に、システムが安定するので有利である。機構170の正確さは、数 μm のオーダーである。

【0057】

特に縁密封部材117が基板テーブルWTの一体部品である場合に、縁密封部材17、117と基板の1次表面をほぼ同一平面上にできるよう、基板Wまたは基板Wを支持する部材の高さを調節する機構を設けてもよい。

【0058】

実施例3

第3実施例は図7に図示され、以下の説明以外は第1実施例と同じ、または同様である。

【0059】

この実施例について、基板テーブルWTの一体部品である縁密封部材117に関連して説明する。しかし、この実施例は、基板テーブルWTに対して動作可能な縁密封部材17にも等しく適用することができる。この実施例では、不可欠なことではないが、縁密封部材17が、基板の1次表面と同一平面上にある上面を有するが、こうすることが好ましい。真空源に接続された真空孔46を、基板Wの投影システムとは反対側で、縁密封部材117および基板Wの縁部分の下および近傍に設ける。孔46は環状で、連続溝で形成することが好ましいが、不連続、つまり別個の幾つかの開口を円形パターンで配置してもよい。最も単純な形態では、実施例は、孔46を介してその真空源だけで働くことができる。しかし、基本的概念は、第3実施例の1バージョンを例証し、図7aで詳細に図示された基板テーブルWTを設けることによって改善することができる。

【0060】

基板テーブルSTの部分48が、縁密封部分117の縁から内側に延在し、したがって基板Wの投影システムとは反対側で基板テーブルWの下に配置される。部分48と基板W 50

の間のギャップを通して漏出する浸漬液体は、孔46を介して真空源へと引きつけられる。流路42を、真空源の半径方向内側で、これも基板Wの下に設け、気体源に接続する。これは、大気圧より高い圧力の気体でも、単純に流路42を大気に対して開放してもよい。これによって、基板Wの下で、基板Wの下にある基板テーブルWTの部分48とピンブル・テーブル20との間に半径方向外側への空気の流れが生じる。(ピンブル・テーブル20は、基板を所定の位置に保持するため、自身の真空源を有する。)このような空気の流れがあるので、縁密封部材117と基板Wとの間に逃げる液体があっても、真空源と液体接続した環状区画44(断面がほぼ $3 \times 3 \text{ mm}$)へと引きつけられる。区画44は、ギャップに対して開いた環状孔47と真空源に接続された孔46との間に配置される。区画は、周辺に均一な流れを確立するのに役立つ。流路42は、連続環状溝(ダクトの広がりとして図示)に接続される。区画44、孔47および/または流路42の溝は、環状である必要はなく、他の適切な形状または構成でよい。

【0061】

作業中の1つの実施例では、基板テーブルWTの部分48と基板W間のギャップは、最大 $100 \mu\text{m}$ のオーダーであり(しかしギャップは存在しなくても、つまりゼロでもよい)、これにより、毛管現象によって液体がギャップを高速で流れることが防止される。流路42に接続された溝と区画44との間で基板テーブルWTの部分45の高さは、基板Wの底部とその部分45との間の距離(図7にて距離D1で図示)が、通常は $100 \mu\text{m}$ のオーダーになるような高さであり、0.5パール未満の圧力損で、少なくとも 1 m /秒の領域での均一な気体流が達成できるよう選択される。このような構成により、ギャップD1を通過し、ピンブル・テーブル20と干渉する液体が、存在しても非常に少ししかないことが保証される。他の値でも作用する。

【0062】

図7aで示した第3実施例の第1バージョンは、基板Wが外側に 10 mm 程度屈曲することがある。図7aで見られるように、上述したように部分45が基板Wの下へ、基板Wを支持する場所へと延在できても、この区域は全く支持されていない。しかし、まさしく外径で、基板Wの重量と、基板Wと基板テーブルWTの部分48間にある水の毛管力とが両方とも、なお基板Wの縁を屈曲させることができる。これが有害であることは明白である。この問題に対する解決法が図7bから図7dに図示され、これは第3実施例の第2から第4バージョンを示す。同様の参照番号が同じ機構に使用されている。

【0063】

図7bで示す第2では、部分48が、基板Wの周の縁およびその近傍に(円形パターンで)配置された少なくとも1組の節348を有する。節348が別個であるので、浸漬液はなお、部分48と基板Wの間に滲入することができるが、基板Wの重量は、少なくとも1組の節348によって支持される。節348は、ピンブル・テーブル20の節より高さが小さいことが好ましく、これは節348の近傍の縁において基板Wにかかる力と比較して、ピンブル・テーブル20の真空22によって生じる基板Wへの下方向の力の差を補償する。計算には、節の剛性を考慮にいれ、節が好ましいのでZerodurなどの低膨脹ガラスから製造されている場合、これはピンブル・テーブル20の節より約 80 nm 低くなければならない。部分48と基板Wの底部との間のギャップは、約 $20 \mu\text{m}$ であることが好ましい。

【0064】

図7bのバージョンでは、部分45は第1バージョンと形状が類似している。しかし、代替品は、部分45の上に配置されたリングまたは円形パターンの節345を有する。節345の離散的性質のため、流路42からの気体を区画44に吸引することができる。この節345も、ピンブル・テーブル20の節より約 80 nm 低い。節345間のギャップD1は約 $50 \mu\text{m}$ であることが好ましい。節345は、ピンブル・テーブル20によって形成することができ、必ずしも基板テーブルWTの一部である必要はない。

【0065】

上記の第3実施例の2つのバージョンから、通路42および47によって形成された空

10

20

30

40

50

気密封は、完全に基板テーブルWTによって、完全にピンブル・テーブル20によって、または両者の組合せによって形成できることが明白になる。図7cおよび図7dは、第3実施例のさらなる2つのバージョンを示す。図7cは、空気密封をピンブル・テーブル20の部材によって形成する第3実施例の第3バージョンを示す。第1および第2バージョンの部分45は、ピンブル・テーブル2045の環状部分から形成され、第1および第2バージョンの部分48は、ピンブル・テーブル20の環状部分2048によって形成される。42および47と等しい通路2042、2047を、部分2045、2048の間に形成する。しかし、気体流の一部のみが2本の通路2042、2047を通して流れ、図示のように、ピンブル・テーブル20の外縁の下に漏れる浸漬液体のさらなる進入を阻止するのに有効な一部の気体が、ピンブル・テーブル20の下を流れる。この構成は、必要な正確な寸法が全てピンブル・テーブル20で作成され、基板テーブルWTが複雑な溝を一切含まないので有利である。

【0066】

図7dで示した第3実施例の第4バージョンでは、流入通路42が設けられず、気体がピンブル・テーブル20から環状孔47内へ流れる。このバージョンは、ピンブル・テーブル20が自身の真空源を必要としないので、基板Wとピンブル・テーブル20間でさらに安定した圧力を経験するという点で有利である。さらに、第3バージョンで必要とした余分な通路2042が必要でなく、通路2042しか要求されない。したがって、1つの真空源が、漏れている浸漬液体を除去することと、基板を所定の位置に保持することとの両方に効果的である。外方向への気体流を確立できるよう、ピンブル・テーブル20の下に気体源を必要とすることがある（そのためには、ピンブル・テーブルの下で基板テーブルにあるさらに一般的な真空孔を使用できるようにである）。

【0067】

第3実施例の各バージョンの様々な特徴は、ピンブル・テーブルの中心から真空46への半径方向外向きの気体流が達成される限り、組み合わせることができる。

【0068】

実施例4

第4実施例は図8および図9に図示され、以下の説明以外は第1実施例と同じ、または同様である。

【0069】

この実施例を、基板テーブルWTの一体部品である縁密封部材117に関して説明する。しかし、この実施例は、基板テーブルWTに対して移動可能な縁密封部材117にも等しく適用可能である。

【0070】

図8aで示すようなこの実施例の第1バージョンでは、さらなる縁密封部材500を使用し、縁密封部材117と基板W間を架橋する。さらなる縁密封部材を縁密封部材117に取り付ける。さらなる縁密封部材500を、基板Wの1次表面とは反対の表面に当てて、着脱式に取り付ける。この実施例では、さらなる縁密封部材500は、基板Wの下面に接触するよう起動可能な可撓性縁密封部材でよい。可撓性縁密封部材500を停止すると、これは重力で基板から落下する。これを達成する方法を図9で示し、以下で説明する。

【0071】

さらなる縁密封部材500は、液体供給システムからの浸漬液体全てが基板Wの下空間に入ることを防止するだけでなく、この理由から、低圧源に接続された孔46を、縁密封部材117の縁に隣接する基板W、およびこの実施例の一部または全てのバージョンの基板Wの下に設けることができる。言うまでもなく、基板の下にある区域の設計は、第3実施例のそれと同じでよい。

【0072】

基板Wではなく、基板テーブル上にある透過像センサ(TIS)などのセンサに、同じシステムを使用することができる。センサの場合、センサは移動しないので、縁密封部材

10

20

30

40

50

500を、例えば接着剤などを使用してセンサに永久的に取り付けることができる。

【0073】

さらに、緑密封部材500は、底面ではなくオブジェクトの上面（投影システムに近い方の表面）と係合するよう配置することができる。また、さらなる緑密封部材500を、図8aで示すように、緑密封部材117の下ではなく、緑密封部材117の上面に、またはその付近に取り付けてもよい。

【0074】

この実施例の第2バージョンを図8bに示す。2つのさらなる緑密封部材500a、500bを使用する。第1の緑密封部材500aは、第1バージョンと同じである。第2の緑密封部材500bは、基板テーブル20に、つまり基板Wの下に取り付けて、これは自由端が取付点から半径方向外側に延在する。第2のさらなる緑密封部材500bは、第1のさらなる緑密封部材500aを基板Wに締め付ける。圧縮ガスを使用して、第2のさらなる緑密封部材500bを変形するか、動作させることができる。

【0075】

この実施例の第3バージョンを図8cに示す。第3バージョンは、第2バージョンと同じであるが、第1のさらなる緑密封部材500cが第2のさらなる緑密封部材500dを基板Wに締め付ける。これにより、例えば第2バージョンの圧縮ガスが不要になる。

【0076】

この実施例も、真空中に接続しても、接続しなくても、第2のさらなる緑密封部材500b、500dでのみ作用することが理解される。

【0077】

次に、さらなる緑密封部材500、500a、500b、500c、500dを変形する様々な方法について、実施例の第1バージョンに関連して説明する。

【0078】

図9から見られるように、流路510をさらなる可撓性緑密封部材500（好ましくは環状のリング）の長手方向に形成し、さらなる可撓性緑密封部材の投影システムに面する上面、および基板Wの下側に1つまたは複数の別個の孔を設ける。真空源515をダクト510に接続することにより、さらなる可撓性緑密封部材を吸引にて基板Wに突き合わせることができる。真空源515を切断するか、オフに切り換えると、さらなる可撓性緑密封部材500は重力および／または孔46からの圧力で落下し、図9の点線で示した位置になる。

【0079】

代替実施例では、基板をピンブル・テーブル20に載せて、さらなる可撓性緑密封部材500が弾性変形すると、これが基板Wに接触するよう、さらなる可撓性緑密封部材500を機械的予荷重で形成し、したがって基板Wに上方向の力を加えて、密封を作成する。

【0080】

さらなる代替品では、さらなる可撓性緑密封部材500を、孔46にかかる加圧気体によって発生した過剰圧力によって基板Wに押し付ける。

【0081】

さらなる可撓性緑密封部材500は、可撓性で放射線および浸漬液体に耐性があり、汚染しない任意の材料、例えば鋼、 Al_2O_3 などのガラス、SiCなどのセラミック材料、シリコン、テフロン（登録商標）、低膨脹ガラス（例えばZerodur(TM)またはULE(TM)）、炭素繊維エポキシまたはクォーツから下降することができ、通常は10から500 μm の厚さ、好ましくは30から200 μm 、またはガラスの場合、50から150 μm の厚さである。この材料および寸法のさらなる可撓性緑密封部材500では、ダクト510に加える必要がある典型的圧力は、約0.1から0.6バールである。

【0082】

実施例5

第5実施例は図109に図示され、以下の説明以外は第1実施例と同じ、または同様である。

【 0 0 8 3 】

この実施例を、基板テーブルWTの一体部品である縁密封部材117に関して説明する。しかし、この実施例は、基板テーブルWTに対して動作可能な縁密封部材17にも等しく適用可能である。

【 0 0 8 4 】

第5実施例では、縁密封部材117と基板W間のギャップは、さらなる縁密封部材50で充填される。さらなる縁密封部材は、基板2および縁密封部材117の1次表面とほぼ同一平面上にある上面を有する。さらなる可撓性縁密封部材50は、可撓性材料で作成され、したがって基板Wの直径および基板Wの厚さにおける微小な変動は、さらなる可撓性縁密封部材50の屈曲によって対応することができる。投影レンズの下で液体供給システム内の液体が基板の縁の上を通過する時、液体は基板Wと、さらなる可撓性縁密封部材50と縁密封部材117との間に逃げることはできない。これらの要素の縁が相互に密着しているからである。さらに、基板Wおよび縁密封部材117の1次表面、およびさらなる可撓性縁密封部材50の上面がほぼ同一平面上にあるので、液体供給システムが基板Wの縁上を通過しても、その動作は不調にならず、したがって液体供給システム内に妨害力が発生しない。

【 0 0 8 5 】

図10で見られるように、さらなる可撓性縁密封部材50は、基板Wの1次表面とは反対の基板Wの表面に、縁部分にて接触する。この接触は2つの機能を有する。第1に、さらなる可撓性縁密封部材50と基板W間の流体密封が改善される。第2に、さらなる可撓性縁密封部材50が、ピンブル・テーブル20から離れる方向で基板Wに力を加える。基板2を、例えば負圧吸引などによって基板テーブルWT上に保持する場合、基板を基板テーブル上に確実に保持することができる。しかし、真空源をオフにするか、切断すると、さらなる可撓性縁密封部材50によって基板W上に生成された力は、基板Wを押して基板テーブルWTから離すのに効果的であり、それによって基板Wの装填および取り外しを補助する。

【 0 0 8 6 】

さらなる可撓性縁密封部材50は、PTFEなど、放射線および浸漬液体に耐性がある材料で作成する。

【 0 0 8 7 】

実施例6

図11は、以下の説明以外は第1実施例と同じ、または同様である本発明の第6実施例を示す。

【 0 0 8 8 】

この実施例を、基板テーブルWTの一体部品である縁密封部材117に関して説明する。しかし、この実施例は、基板テーブルWTに対して動作可能な縁密封部材17にも等しく適用可能である。

【 0 0 8 9 】

第6実施例は、ピンブル・テーブル20を、基板Wと縁密封部材117の間で液体供給システムから切り離せる方法を示す。これは、大気65に露出した開口を、基板Wの縁と、基板Wを基板テーブルWT上に保持し、ピンブル・テーブル20を伴う真空との間に配置することによって実行する。

【 0 0 9 0 】

基板Wの投影システムとは反対側で、基板の縁の下に配置された層60は、基板Wと層60の間に約1 μ mのギャップを生じ、テフロン（登録商標）、シリコンゴム、または他のプラスチック材料などの疎水性である任意の材料で構成される。耐放射線性が優れているので、無機材料が好ましい。この方法で、液体供給システムが基板Wの縁上に配置された場合に、基板Wと縁密封部材117間のギャップに入る液体が跳ね返され、したがって有効密封が形成され、液体はピンブル・テーブル20に入らない。浸漬液体は、疎水性層60との間に少なくとも90°の接触角を有することが好ましい。

10

20

30

40

50

【0091】

実施例7

本発明の第7実施例について、図12から図15に関して説明する。第7実施例は、以下の説明以外は第1実施例と同じ、または同様である。

【0092】

第7実施例では、図12で示すように縁密封部材17は環状で、中心穴は円形基板Wより直径が大きい。基板Wおよび縁密封部材17の形状は、縁密封部材17の中心穴が基板Wの外径より大きい限り、変更してよい。この方法で、縁密封部材17は基板W直径の変動に対応することができる。

【0093】

縁密封部材17は、基板テーブルWT上で動作可能であり、したがって液体供給システムが、露光のために基板Wの縁部分に向かって動作する場合、縁密封部材17を、露光すべき基板Wのその縁部分にぴったり突き当たるよう動作させることができる。これは図13で最もよく図示され、ここでは基板Wの左手側が露光されるところである。

【0094】

図14で明白に図示されたように、縁密封部材17は、基板Wの1次表面の面と、好ましくはZ方向（つまり装置の光軸の方向）との両方で動作可能である。この方法で、縁密封部材17を、必要に応じて基板Wの縁へと移動させることができ、1次表面が基板Wの1次表面とほぼ同一平面上になるよう、その上部（1次）表面の高さを調節することができる。これによって、液体供給システムは、基板Wの縁の撮像時にも、リザーバ内に浸漬液を効果的に含むことができる。

【0095】

図14には、縁密封部材17の1次表面と同一平面上にある上面を有する突起175も図示されている。つまり、縁密封部材17の1次表面が基板Wに隣接する縁上に出張り、したがって突起が装置の光軸に向かって延在する。図14で見られるように、これによって、基板Wの縁がわずかに湾曲していても（つまり基板Wの縁が1次表面に直角でなくても）基板Wと縁密封部材17の1次表面間のギャップを最小にすることができる。

【0096】

縁密封部材17と基板W間のギャップを改善または削減する別の方法は、基板2に近い方の縁密封部材17の縁と基板Wとの間にさらなる（可撓性）縁密封部材177を設けることである。これを図15で示す。これは、突起175があってもなくても実行することができる。さらなる可撓性縁密封部材177は、基板Wとの間で密封を形成するよう、基板Wの縁の周囲で変形することができる。さらなる可撓性縁密封部材177を縁密封部材17に取り付けば、さらなる可撓性縁密封部材177は、基板Wおよび縁密封部材17の1次表面とほぼ同一平面上にある上面を有する。

【0097】

実施例8

図16は、以下の説明以外は第1実施例と同じ、または同様である本発明の第8実施例を示す。

【0098】

この実施例を、基板テーブルWTの一体部品である縁密封部材117に関して説明する。しかし、この実施例は、基板テーブルWTに対して動作可能な縁密封部材17にも等しく適用可能である。

【0099】

図16で見られるように、第8実施例は、縁密封部材117と基板W間のギャップに架橋するさらなる縁密封部材100を含む。この場合、さらなる縁密封部材100は、基板をよび縁密封部材117の1次表面上に配置されて、基板Wと縁密封部材117間のギャップにまたがってギャップ密封部材である。したがって、基板Wが円形の場合、ギャップ密封部材100も円形（環状）になる。

【0100】

10

20

30

40

50

ギャップ密封部材 100 は、真空 105 をその下側に加えることによって所定の位置に保持することができる（これは縁密封部材 117 の 1 次表面の真空孔を通して曝露する真空源である）。基板 W と縁密封部材 117 間のギャップがギャップ密封手段 100 によって覆われているので、液体供給システムは、液体を損失することなく、基板 W の縁上を通過することができる。ギャップ密封部材 100 は、標準的な基板および基板の取扱い法を使用できるように、基板ハンドラによって所定の位置に配置し、除去することができる。あるいは、ギャップ密封部材 100 は、投影システム PL で保持し、適切な機構（例えば基板取扱いロボット）によって所定の位置に配置し、除去することができる。ギャップ密封部材 100 は、真空源によって変形しないよう十分に剛性でなければならない。ギャップ密封部材 100 は、液体供給システムと接触しないよう、50 μ m 未満、好ましくは 30 または 20、さらには 10 μ m 未満の厚さであると有利であるが、可能な限り薄くしなければならぬ。

10

【0101】

ギャップ密封部材 100 には、ギャップ密封部材 100 の厚さが縁に向かって減少するテーパー状縁 110 を設けると有利である。ギャップ密封部材の完全な厚さまでこのように漸進的に遷移すると、ギャップ密封部材 100 上を通過する場合に、液体供給システムの干渉が確実に減少する。

【0102】

同じ方法の密封を、センサ、例えば透過像センサなどの他のオブジェクトにも使用することができる。その場合、オブジェクトは移動する必要がないので、ギャップ密封部材 100 を、浸漬液中で溶解しない接着剤で、（いずれかの端部の）所定の位置に接着することができる。あるいは接着剤は、縁密封部材 117 とオブジェクトとギャップ密封部材 100 との接合部に配置してもよい。

20

【0103】

さらに、ギャップ密封部材 100 は、オブジェクトおよび縁密封部材 117 の出っ張りの下に配置することができる。オブジェクトには、必要に応じて出っ張りを形成してもよい。

【0104】

ギャップ密封部材 100 は、オブジェクトの上にあっても下にあっても、縁密封部材 117 と接触する表面にある 1 つの開口からオブジェクトと接触する表面にある別の開口まで、自身を通して設けた通路を有することができる。真空 105 と流体連絡する 1 つの開口を配置することにより、ギャップ密封部材 100 を所定の位置にしっかりと保持することができる。

30

【0105】

実施例 9

第 9 実施例について図 17 に関して説明する。図 17 で示す解決法は、基板 W の縁部分の撮像に伴う問題の幾つかを回避するとともに、基板 W と同じ条件で透過像センサ（TIS）220 を投影レンズ PL で照射することができる。

【0106】

第 9 実施例は、第 1 実施例に関して説明した液体供給システムを使用する。しかし、液体供給システム中の浸漬液を、下側に基板 W を有する投影レンズの下に限定するのではなく、液体は、液体供給システムと基板 W との間に配置された中間プレート 210 によって限定される。中間プレート 210 と TIS 220 と基板 W との間の空間 222、215 も液体 111 で充填される。これは、図示のように個々の孔 230、240 を介して 2 つの別個の空間液体供給システムによって実行するか、孔 230、240 を介して同じ空間液体供給システムによって実行することができる。したがって、基板 W と中間プレート 210 間の空間 215、および透過像センサ 220 と中間プレート 210 間の空間 220 は、両方とも液体で充填され、基板 W および透過像センサは両方とも、同じ条件で照明することができる。部分 200 は、真空源によって所定の位置に保持できる中間プレート 210 に、1 つまたは複数の支持表面を提供する。

40

50

【 0 1 0 7 】

中間プレート 210 は、基板をよび透過像センサ 220 を全て覆うようなサイズで作成する。したがって、基板 W の縁を撮像する場合でも、または透過像センサを投影レンズ PL の下に配置する場合も、液体供給システムは縁を横断する必要がない。透過像センサ 220 と基板 W の上面はほぼ同一平面上にある。

【 0 1 0 8 】

中間プレート 210 は着脱式でよい。例えば、基板取扱いロボットまたは他の適切な機構によって所定の位置に配置し、除去することができる。

【 0 1 0 9 】

実施例 10

図 18 は、本明細書で説明した他の任意の実施例に適切可能であり、突然の液体損の前に浸漬液が広がり得るギャップのサイズを増加させるのに効果的な液体供給システムの変形を示す。

【 0 1 1 0 】

複数の毛管 600 を液体供給システム（例えば密封部材 12）と投影レンズ PL の間に設ける。この毛管は、概ね上方向に、つまり基板 W から離れる方向に延在する。毛管が半径 r を有すると、毛管が支持できる液体膜の厚さ h は、下式によって与えられる。

$$h = (2\sigma \cos \theta) / (r g \rho)$$

ここで σ は界面張力、 θ は液体と毛管 w 間の接触角、 ρ は液体の密度である。 $\cos \theta$ をプラスにする（つまり毛管の内面をコーティングなどによって疎水性にする）と、毛管は、ギャップからの高さ h の液体部分を支持することができ、したがってこれがまたがるギャップを大きくすることができる。

【 0 1 1 1 】

疎水性被膜毛管と液体との間に電圧を印加することにより、 $\cos \theta$ を約ゼロへと減少させることができ、これによって（上式 1 により）毛管 600 を通る液体の自由な流れが可能になり、したがって毛管の長さを小さくしておくことにより、投影レンズ下の液体供給システムから短時間で液体を除去することができる。これは、液体を清浄に維持するのに有利である。基板 W の縁を撮像する場合は、ギャップにまたがれるよう電圧を除去することができる。基板 W から液体膜を持ち上げるため、基板 W の縁を疎水性材料で被覆することが提案される（または基板材料自体が疎水性であるので、基板 W の縁のレジストを除去することができる）。

【 0 1 1 2 】

毛管 600 は、ほぼ円形の断面でほぼ直線のダクト、または他の形状のダクトによって設けることができる。例えば、毛管は多孔質材料の空隙で構成してもよい。

【 0 1 1 3 】

上述した実施例は全て、基板 W の縁の周囲を密封するのに使用することができる。基板テーブル WT 上にある他のオブジェクトも、同様の方法で密封する必要があることもある。例えば、透過像センサ、結合レンズ干渉計およびスキヤナ（波面センサ）およびスポット・センサ・プレートなど、液体を通して投影ビームで照明するセンサおよび／またはマークを含むセンサなどである。このようなオブジェクトには、レベリングおよび位置合わせセンサおよび／またはマークなど、非投影放射線ビームで照明するセンサおよび／または液体を供給することができる。上記の実施例はいずれも、この目的に使用することができる。場合によっては、オブジェクトを基板テーブル WT から外す必要がない。というのは、基板 W とは異なり、センサは基板テーブル WT から外す必要がないからである。このような場合は、上記の実施例を適宜変形することができる（例えば、密封を可動式にする必要がない）。

【 0 1 1 4 】

各実施例を、適宜、他の 1 つまたは複数の実施例と組み合わせてもよい。さらに、実現可能および／または適切であれば、各実施例（および任意の適切な実施例の組合せ）を、

10

20

30

40

50

縁密封部材 117、117 なしに図 2 および図 19 および図 20 の液体供給システムに適用するだけでよい。

【 0115 】

縁密封部材 117 およびセンサ 220 の上部最外縁の形状は、変更することができる。例えば、出っ張った縁密封部材 117、または実際に出っ張っているセンサ 220 の外縁を設けると有利なこともある。あるいは、センサ 220 の上部外隅が有用なこともある。

【 0116 】

実施例 11

図 19 は、以下の説明以外は第 1 実施例と同じである第 11 実施例を示す。

【 0117 】

10

第 11 実施例では、基板テーブル WT 上のオブジェクトは、透過像センサ (TIS) などのセンサ 220 である。浸漬液がセンサ 220 の下に滲入するのを防止するため、浸漬流体で溶解せず、これに反応しない接着剤ビード 700 を、縁密封部材 117 とセンサ 220 の間に配置する。接着剤は、使用中の浸漬流体で覆われる。

【 0118 】

実施例 12

第 12 実施例について、図 20 および図 21 に関して説明する。第 12 実施例では、基板テーブル WT に封止されるのはセンサ 220 である。図 20 および図 21 で図示した両方のバージョンで、縁密封部材 117 と基板 220 の縁との間のギャップに入るような浸漬液を全て除去するため、開口通路 47 および室 44 でギャップの近傍に真空 46 を設ける。

20

【 0119 】

図 20 のバージョンでは、真空 46 を、オブジェクト 220 の出っ張り部分の下で基板テーブル WT に提供する。基板テーブル ST の内側に突き出した出っ張り部分に通路 47 を設ける。任意選択で、基板テーブル WT とオブジェクト 220 の間に突出する部分の最内縁に接着剤ビード 700 を配置する。接着剤ビード 700 を設けない場合は、オブジェクト 220 の下からの気体流が、センサ 220 と基板テーブル WT 間のギャップの密封に役立つ。

【 0120 】

図 21 のバージョンでは、内側に突き出した縁密封部材 117 の下で、オブジェクト自体に真空 46、区画 44 および通路 47 を設ける。この場合も、オブジェクト 220 と基板テーブル WT の間に通路 47 の半径方向外側へと接着剤ビードを設ける選択肢がある。

30

【 0121 】

本発明の特定の実施例について以上で説明してきたが、本発明は記述以外の方法で実践できることが理解される。特に、本発明は、他のタイプの液体供給システム、特に局所的液体区域システムにも適用可能である。密封部材の解決法を使用する場合は、気体密封以外の密封を使用する解決法でよい。説明は、本発明を制限するものではない。

【 図面の簡単な説明 】

【 0122 】

【 図 1 】 本発明の実施例によるリソグラフィ投影装置を示す。

40

【 図 2 】 本発明の第 1 実施例の液体リザーバを示す。

【 図 3 】 図 2 と同様に、本発明の実施例による基板テーブル上の縁密封部材を示す。

【 図 4 】 本発明の第 2 実施例を示す。

【 図 5 】 本発明の第 2 実施例の代替形態を示す。

【 図 6 】 本発明の第 2 実施例の詳細を示す。

【 図 7 a 】 本発明の第 3 実施例の 4 つのバージョンを示す。

【 図 7 b 】 本発明の第 3 実施例の 4 つのバージョンを示す。

【 図 7 c 】 本発明の第 3 実施例の 4 つのバージョンを示す。

【 図 7 d 】 本発明の第 3 実施例の 4 つのバージョンを示す。

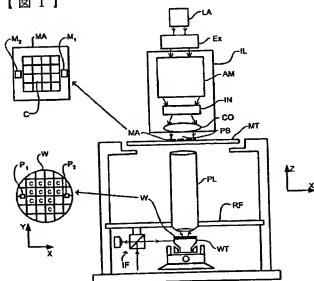
【 図 8 a 】 本発明の第 4 実施例の第 1 バージョンを示す。

50

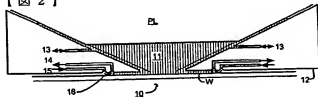
- 【図 8 b】第 4 実施例の第 2 バージョンを示す。
 【図 8 c】第 4 実施例の第 3 バージョンを示す。
 【図 9】本発明の第 4 実施例の第 1 バージョンのさらなる態様を詳細に示す。
 【図 10】本発明の第 5 実施例を示す。
 【図 11】本発明の第 6 実施例を示す。
 【図 12】本発明の第 7 実施例の基板および縁密封部材を平面図で示す。
 【図 13】本発明の第 7 実施例の断面図を示す。
 【図 14】本発明の第 7 実施例の詳細を示す。
 【図 15】第 7 実施例のさらなる構成を詳細に示す。
 【図 16】本発明の第 8 実施例を示す。
 【図 17】本発明の第 9 実施例を示す。
 【図 18】本発明の第 10 実施例を示す。
 【図 19】本発明の第 11 実施例を示す。
 【図 20】本発明の第 12 実施例を示す。
 【図 21】本発明の第 13 実施例を示す。
 【図 22】本発明の実施例による代替液体供給システムを示す。
 【図 23】図 22 のシステムを平面図で示す。

10

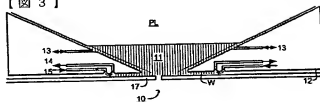
【図 1】



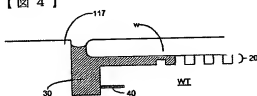
【図 2】



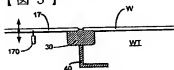
【図 3】



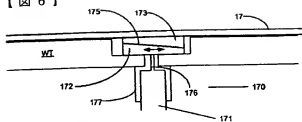
【図 4】



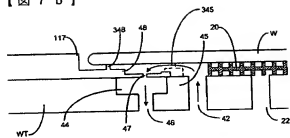
【図 5】



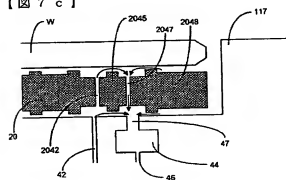
【 図 6 】



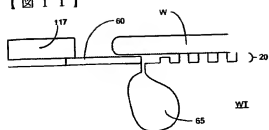
【 図 7 b 】



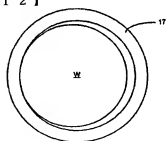
【 図 7 c 】



【 図 1 1 】



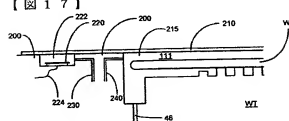
【 図 1 2 】



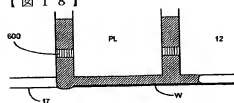
【 図 1 3 】



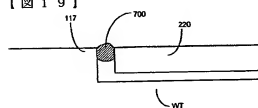
【 図 1 7 】



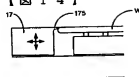
【 図 1 8 】



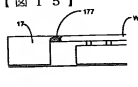
【 図 1 9 】



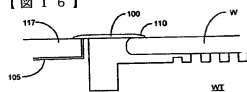
【 図 1 4 】



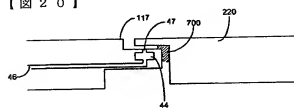
【 図 1 5 】



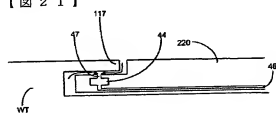
【 図 1 6 】



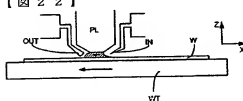
【 図 2 0 】



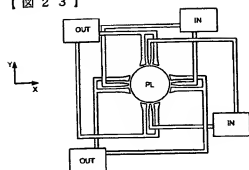
【 図 2 1 】



【 図 2 2 】



【 図 2 3 】



フロントページの続き

- (72)発明者 ヨエリ ロフ
オランダ国 エイントホーフエン、グラーフ アドルフストラート 6
- (72)発明者 エリク テオドルス マリア ビュラールト
オランダ国 ロスマレン、マックス エウエ ストラート 7
- (72)発明者 ハンス ブトレル
オランダ国 ベスト、アールドヘウヴェル 38
- (72)発明者 シュオエルド ニコラース ラムベルトウス ドンデルス
オランダ国 エス - ヘルトゲンボッシュ、アクテル ヘット スタデュイス 24
- (72)発明者 クリステリアン アレクサンデル ホーゲダム
オランダ国 フェルトホーフエン、ルネット 43
- (72)発明者 アレクセイ コレスニチエンコ
オランダ国 ニュメゲン、ムゼンブラーツ 110
- (72)発明者 エリク ローロフ ロープストラ
オランダ国 ヘーゼ、ホディバルデウスラーン 15
- (72)発明者 ヘンドリクス ヨハネス マリア メイユエール
オランダ国 フェルトホーフエン、ゲールギーテル 20
- (72)発明者 イエローン ヨハネス ソフィア マリア メルデンス
オランダ国 デュイゼル、ケンプストラート 19
- (72)発明者 ヨハネス カタリヌス フベルトウス ムルケンス
オランダ国 マーストリヒト、トンゲルセストラート 68
- (72)発明者 ローロフ アエイコ シープランド リトセマ
オランダ国 エイントホーフエン、クリスティナストラート 116
- (72)発明者 フランク ファン スカイ
オランダ国 フェルトホーフエン、カボウテルベルグ 20
- (72)発明者 テイモテウス フランシスカス センゲルス
オランダ国 エス - ヘルトゲンボッシュ、ワテルリッゲン 183
- (72)発明者 クラウス シモン
オランダ国 エイントホーフエン、オルデンガールデ 11
- (72)発明者 ヨハネス テオドール デ スミット
オランダ国 エイントホーフエン、トンゲルレセストラート 317エ
- (72)発明者 アレクサンデル ストライユエール
オランダ国 エイントホーフエン、シクラメンストラート 2
- (72)発明者 ボブ ストレーフケル
オランダ国 テイルブルグ、エスドールンストラート 31
- (72)発明者 ヘルマール ファン サンテン
オランダ国 アムステルダム、ラーグテ カディユク 17イー
- Fターム(参考) 5F046 BA05 CC01 DA07

[外国語明細書]

Lithographic Apparatus and Device Manufacturing Method

The present invention relates to a lithographic projection apparatus comprising:

- a radiation system for providing a projection beam of radiation;
- a support structure for supporting patterning means, the patterning means serving to pattern the projection beam according to a desired pattern;
- 5 - a substrate table for holding a substrate;
- a projection system for projecting the patterned beam onto a target portion of the substrate; and
- a liquid supply system for at least partly filling the space between the final element of said projection system and an object positioned on said substrate table, with liquid.

10

The term "patterning means" as here employed should be broadly interpreted as referring to means that can be used to endow an incoming radiation beam with a patterned cross-section, corresponding to a pattern that is to be created in a target portion of the substrate; the term "light valve" can also be used in this context. Generally, the said pattern will correspond to a particular functional layer in a device being created in the target portion, such as an integrated circuit or other device (see below). Examples of such patterning means include:

- A mask. The concept of a mask is well known in lithography, and it includes mask types such as binary, alternating phase-shift, and attenuated phase-shift, as well as various hybrid mask types. Placement of such a mask in the radiation beam causes selective transmission (in the case of a transmissive mask) or reflection (in the case of a reflective mask) of the radiation impinging on the mask, according to the pattern on the mask. In the case of a mask, the support structure will generally be a mask table, which ensures that the mask can be held at a desired position in the incoming radiation beam, and that it can be moved relative to the beam if so
- 20 - desired.

25

- A programmable mirror array. One example of such a device is a matrix-addressable surface having a viscoelastic control layer and a reflective surface. The basic principle behind such an apparatus is that (for example) addressed areas of the reflective surface reflect incident

-2-

light as diffracted light, whereas unaddressed areas reflect incident light as undiffracted light. Using an appropriate filter, the said undiffracted light can be filtered out of the reflected beam, leaving only the diffracted light behind; in this manner, the beam becomes patterned according to the addressing pattern of the matrix-addressable surface. An alternative embodiment of a programmable mirror array employs a matrix arrangement of tiny mirrors, each of which can be individually tilted about an axis by applying a suitable localized electric field, or by employing piezoelectric actuation means. Once again, the mirrors are matrix-addressable, such that addressed mirrors will reflect an incoming radiation beam in a different direction to unaddressed mirrors; in this manner, the reflected beam is patterned according to the addressing pattern of the matrix-addressable mirrors. The required matrix addressing can be performed using suitable electronic means. In both of the situations described hereabove, the patterning means can comprise one or more programmable mirror arrays. More information on mirror arrays as here referred to can be gleaned, for example, from United States Patents US 5,296,891 and US 5,523,193, and PCT patent applications WO 98/38597 and WO 98/33096, which are incorporated herein by reference. In the case of a programmable mirror array, the said support structure may be embodied as a frame or table, for example, which may be fixed or movable as required.

A programmable LCD array. An example of such a construction is given in United States Patent US 5,229,872, which is incorporated herein by reference. As above, the support structure in this case may be embodied as a frame or table, for example, which may be fixed or movable as required.

For purposes of simplicity, the rest of this text may, at certain locations, specifically direct itself to examples involving a mask and mask table; however, the general principles discussed in such instances should be seen in the broader context of the patterning means as hereabove set forth.

Lithographic projection apparatus can be used, for example, in the manufacture of integrated circuits (ICs). In such a case, the patterning means may generate a circuit pattern corresponding to an individual layer of the IC, and this pattern can be imaged onto a target portion (e.g. comprising one or more dies) on a substrate (silicon wafer) that has been coated with a layer of radiation-sensitive material (resist). In general, a single wafer will contain a whole

-3-

network of adjacent target portions that are successively irradiated via the projection system, one at a time. In current apparatus, employing patterning by a mask on a mask table, a distinction can be made between two different types of machine. In one type of lithographic projection apparatus, each target portion is irradiated by exposing the entire mask pattern onto the target
5 portion in one go; such an apparatus is commonly referred to as a wafer stepper. In an alternative apparatus —commonly referred to as a step-and-scan apparatus — each target portion is irradiated by progressively scanning the mask pattern under the projection beam in a given reference direction (the "scanning" direction) while synchronously scanning the substrate table parallel or anti-parallel to this direction; since, in general, the projection system will have a
10 magnification factor M (generally < 1), the speed V at which the substrate table is scanned will be a factor M times that at which the mask table is scanned. More information with regard to lithographic devices as here described can be gleaned, for example, from US 6,046,792, incorporated herein by reference.

In a manufacturing process using a lithographic projection apparatus, a pattern (e.g. in a
15 mask) is imaged onto a substrate that is at least partially covered by a layer of radiation-sensitive material (resist). Prior to this imaging step, the substrate may undergo various procedures, such as priming, resist coating and a soft bake. After exposure, the substrate may be subjected to other procedures, such as a post-exposure bake (PEB), development, a hard bake and measurement/inspection of the imaged features. This array of procedures is used as a basis to
20 pattern an individual layer of a device, e.g. an IC. Such a patterned layer may then undergo various processes such as etching, ion-implantation (doping), metallization, oxidation, chemo-mechanical polishing, etc., all intended to finish off an individual layer. If several layers are required, then the whole procedure, or a variant thereof, will have to be repeated for each new layer. Eventually, an array of devices will be present on the substrate (wafer). These devices are
25 then separated from one another by a technique such as dicing or sawing, whence the individual devices can be mounted on a carrier, connected to pins, etc. Further information regarding such processes can be obtained, for example, from the book "Microchip Fabrication: A Practical Guide to Semiconductor Processing", Third Edition, by Peter van Zant, McGraw Hill Publishing Co., 1997, ISBN 0-07-067250-4, incorporated herein by reference.

-4-

For the sake of simplicity, the projection system may hereinafter be referred to as the "lens"; however, this term should be broadly interpreted as encompassing various types of projection system, including refractive optics, reflective optics, and catadioptric systems, for example. The radiation system may also include components operating according to any of these design types for directing, shaping or controlling the projection beam of radiation, and such components may also be referred to below, collectively or singularly, as a "lens". Further, the lithographic apparatus may be of a type having two or more substrate tables (and/or two or more mask tables). In such "multiple stage" devices the additional tables may be used in parallel, or preparatory steps may be carried out on one or more tables while one or more other tables are being used for exposures. Dual stage lithographic apparatus are described, for example, in US 5,969,441 and WO 98/40791, incorporated herein by reference.

It has been proposed to immerse the substrate in a lithographic projection apparatus in a liquid having a relatively high refractive index, e.g. water, so as to fill the space between the final optical element of the projection lens and the substrate. The point of this is to enable imaging of smaller features because the exposure radiation will have a shorter wavelength in the liquid than in air or in a vacuum. (The effect of the liquid may also be regarded as increasing the effective NA of the system).

However, submersing the substrate or substrate and substrate table in a bath of liquid (see for example US 4,509,852, hereby incorporated in its entirety by reference) means that there is a large body of liquid that must be accelerated during a scanning exposure. This requires additional or more powerful motors and turbulence in the liquid may lead to undesirable and unpredictable effects.

One of the solutions proposed is for a liquid supply system to provide liquid on only a localized area of the substrate and inbetween the final element of the projection system and the substrate (the substrate generally has a larger surface area than the final element of the projection system). One way which has been proposed to arrange for this is disclosed in WO 99/49504, hereby incorporated in its entirety by reference. As illustrated in Figures 22 and 23, liquid is supplied by at least one inlet IN onto the substrate, preferably along the direction of movement of the substrate relative to the final element, and is removed by at least one outlet OUT after having passed under the projection system. That is, as the substrate is scanned beneath the element in a

-5-

-X direction, liquid is supplied at the +X side of the element and taken up at the -X side. Figure 23 shows the arrangement schematically in which liquid is supplied via inlet IN and is taken up on the other side of the element by outlet OUT which is connected to a low pressure source. In the illustration of Figure 22 the liquid is supplied along the direction of movement of the substrate relative to the final element, though this does not need to be the case. Various orientations and numbers of in- and out-lets positioned around the final element are possible, one example is illustrated in Figure 23 in which four sets of an inlet with an outlet on either side are provided in a regular pattern around the final element.

Difficulties in large loss of liquid from the liquid supply system can arise with this system and any other systems that provide liquid on only a localized area of the substrate and between the final element of the projection system and the substrate when edge portions of the substrate are being imaged and the localised area crosses over the edge of the substrate.

It is an object of the present invention to provide a lithographic projection apparatus in which liquid loss from the supply system is minimized during exposure of an edge portion of the substrate.

This and other objects are achieved according to the invention in a lithographic apparatus as specified in the opening paragraph, characterized in that said substrate table further comprises an edge seal member for at least partly surrounding an edge of the object and for providing a primary surface facing said projection system substantially co-planar with a primary surface of the object, and in that the liquid supply system provides liquid to a localised area of said object and/or said edge seal member and/or substrate.

If the object is the substrate, the edge seal member is for surrounding a position on the substrate table where, in use, the substrate is to be placed e.g. surrounding the chuck or pimple table on which the substrate is held. In this way the substrate can be positioned closely adjacent to the edge of the edge seal member such that as an edge of the substrate moves under the projection lens there is no sudden loss of liquid from the space because there is no large gap for the liquid to flow through. The edge seal member may be an integral part of the substrate table or may be moveably mounted relative to the remainder of the substrate table. In the latter case, it

-6-

can be arranged such that the gap between the edge seal member and the object can be varied and/or the height of the primary surface of the edge seal member can be varied to accommodate variations in object height or thickness i.e. to ensure that the primary surface of the edge seal member is substantially coplanar with the primary surface of the object. The object may also be a sensor e.g. a projection beam sensor.

Preferably the substrate table further comprises a gap seal member for abutting or partly overlapping, in the direction of the optical axis, both the edge seal member and the object. For example, in this way the gap between the edge seal member and a substrate (as the object), which is due to the size mismatch between the inner edge of the edge seal member and the outer edge of the substrate (which is necessary to accommodate slight variations in the diameter of the substrate), can be covered by the gap seal member. This further reduces the amount of liquid loss into the gap between the edge seal member and the substrate. Preferably the gap seal member is for being in contact with the primary surfaces, thereby spanning the gap between the edge seal member and the object.

If the gap seal member has inner and outer edges, at least one of the edges may be tapered such that the thickness of the gap seal member facing away from the edge seal member or the object decreases towards the edge of the gap seal member. This helps the liquid supply system move smoothly over the gap between the object and the edge seal member.

One way to hold the gap seal member removably in place is to provide the substrate table with a vacuum port in the primary surface of said edge seal member.

Another way to minimise the amount of liquid which escapes into the gap between the edge seal member and the object is to provide the substrate table with a hydrophobic layer facing edge portions of said edge seal member and object on an opposite side of the edge seal member and object to the projection system. Such a hydrophobic layer may be any material which exhibits hydrophobic properties, for example Teflon, silicon rubber or other plastics materials. Inorganic coatings are generally preferred because they have better radiation resistance than organic coatings. Preferably the liquid has a contact angle of greater than 90° with the hydrophobic layer. This reduces the chances of liquid seeping into the gap.

-7-

An alternative way of achieving the above mentioned objects is by providing a lithographic apparatus as specified in the opening paragraph, characterised in that said substrate table further comprises an edge seal member for at least partly surrounding an edge of the object, and a further edge seal member for extending across the gap between said edge seal member and the object and for being in contact with the object.

In this way the gap between the edge seal member and the object is closed off so that there is no gap between the edge seal member and the object through which liquid from the liquid supply system can pass. This is particularly so if the further edge seal member is flexible in which case a better seal between the further edge seal member and the object is achievable.

Preferably the flexible further edge seal member is attached to the edge seal member and has a port, connected to a vacuum source, adjacent its end distal from said edge seal member, such that on actuation of said vacuum source, said flexible further edge seal member is deflectable upwards to contact against the object thereby to form a seal between said flexible further edge seal member and the object due to the force generated by the vacuum source acting on the object. This allows the flexible further edge seal member to be actuatable to contact with the object and to be deactuatable so that it falls away from the object. The application of the vacuum ensures a good seal between the flexible further edge seal member and the object.

In an alternative embodiment the flexible further edge seal member is disposed between the edge seal member and the object and with a surface substantially co-planar with the primary surfaces of the edge seal member and the object. In this way the gap between the edge seal member and the object can be sealed such that only small amounts of liquid can pass into the gap. Preferably the flexible further edge seal member is shaped for contacting the object on the surface opposite its primary surface and advantageously is effective to apply a force to the object away from the object table when the object is held on the object table. In this way, in particular if the object is the substrate, the flexible further edge seal member can help in the removal of the substrate from the substrate table after exposure of the substrate.

An alternative way to address the problem of loss of liquid at edge portions of the object, in a lithographic apparatus as specified in the opening paragraph is to provide the substrate table with an edge seal member for at least partly surrounding an edge of the object,

-8-

and a vacuum port or a liquid supply port positioned to provide a vacuum or liquid to the gap between said edge seal member and the object on a side opposite said projection system.

In the case of a liquid supply system, no liquid can find its way into the gap between the edge seal member and the object from the space between the projection lens and the object, because that gap is already filled with liquid. If the vacuum alternative is used, any liquid which does find its way into that gap will be removed and can be recycled. The provision of the vacuum supply is advantageous when a gas seal member of a liquid supply system is used to keep the liquid in the space between the projection lens and the object. This is because it can not only remove any liquid passing into the gap but also any gas from the gas seal member.

Further, a channel positioned radially inwardly of the vacuum port, the channel being connected to a gas source such that on actuation of the vacuum source a flow of gas radially outwardly from said channel toward said vacuum source is establishable, is advantageous. Such a flow of gas can be used to ensure that any liquid which does reach the non-immersed side of the object is caught in the gas flow and transported away towards the vacuum source.

Objects of the present invention may also be achieved according to the invention in a lithographic apparatus as specified in the opening paragraph, characterized in that said substrate table further comprises a support surface for supporting an intermediary plate between said projection system and the object and not in contact with the object.

In this way an intermediary plate can be used which is of an overall size larger than the object so that, for example, during imaging of edge portions of the object, the liquid supply system is situated at a medial portion of the intermediary plate such that no problems with loss of liquid through gaps at edges exist. With such a system it is also possible to provide the substrate table with a transmission image sensor (TIS) for sensing a beam and wherein the intermediary plate is positionable between the sensor and said projection system. Thus it is possible for the transmission image sensor to detect a beam under the same conditions that a substrate is to be imaged. This is advantageous in that it will therefore be possible to more accurately position the substrate table so that the projection beam is correctly focussed on the substrate.

Object of the invention may also be achieved according to the invention in a lithographic apparatus as specified in the opening paragraph, characterised in further comprising a member of the liquid supply system extending along at least part of the boundary of said space between the

final element of said projection system and said substrate table; and capillaries extending away from said substrate table and positioned between said member and said final element of said projection system.

In this way, a larger gap may be spanned over the edge of the object before

- 5 catastrophic liquid loss occurs as capillary action aids in the liquid spanning gaps.

Preferably the inner coating of the capillary is hydrophobic and the apparatus comprises means for applying a potential difference between said liquid in said space and said capillaries. In this way, an even larger gap may be spanned for liquid loss.

- 10 According to a further aspect of the invention there is provided a device manufacturing method comprising the steps of:

- providing a substrate that is at least partially covered by a layer of radiation-sensitive material;
 - providing a projection beam of radiation using a radiation system;
 - using patterning means to endow the projection beam with a pattern in its cross-section;
 - 15 - projecting the patterned beam of radiation onto a target portion of the layer of radiation-sensitive material,
 - providing a liquid to at least partly fill the space between an object on the substrate table and a final element of a projection system used in said step of projecting;
- characterized either: by providing an edge seal member surrounding at least part of an
- 20 edge of the object and with a primary surface substantially co-planar to a primary surface of the object wherein said liquid is provided to a localized area of said object and/or edge seal member,
- or
- by providing an edge seal member at least partly surrounding an edge of the object and a further edge seal member extending across the gap between the edge seal member and the
- 25 object in contact with the object, or
- by providing an edge seal member at least partly surrounding an edge of the object and providing a vacuum or liquid to the gap between the edge seal member and the object on a side of the object opposite to said projection system, or

-10-

by positioning an intermediary plate in the space between the object and the final element of the projection system with liquid either side of it, or

in providing a member extending along at least part of the boundary of the space between the final element of the projection system and said substrate table and providing

capillaries extending away from the substrate table between the member and the final element of the projection system.

Although specific reference may be made in this text to the use of the apparatus according to the invention in the manufacture of ICs, it should be explicitly understood that such an apparatus has many other possible applications. For example, it may be employed in the manufacture of integrated optical systems, guidance and detection patterns for magnetic domain memories, liquid-crystal display panels, thin-film magnetic heads, etc. The skilled artisan will appreciate that, in the context of such alternative applications, any use of the terms "reticle", "wafer" or "die" in this text should be considered as being replaced by the more general terms "mask", "substrate" and "target portion", respectively.

In the present document, the terms "radiation" and "beam" are used to encompass all types of electromagnetic radiation, including ultraviolet radiation (*e.g.* with a wavelength of 365, 248, 193, 157 or 126 nm).

Embodiments of the invention will now be described, by way of example only, with reference to the accompanying schematic drawings in which:

Figure 1 depicts a lithographic projection apparatus according to an embodiment of the invention;

Figure 2 depicts the liquid reservoir of the first embodiment of the invention;

Figure 3 is similar to Figure 2 showing an edge seal member on the substrate table according to an embodiment of the invention;

Figure 4 illustrates a second embodiment of the invention;

Figure 5 illustrates an alternative form of the second embodiment of the present invention;

-11-

Figure 6 illustrates a detail of the second embodiment of the present invention;

Figure 7a-d illustrate four versions of a third embodiment of the present invention;

Figure 8a illustrates a first version of a fourth embodiment of the present invention;

Figure 8b illustrates a second version of the fourth embodiment;

5 Figure 8c illustrates a third version of the fourth embodiment;

Figure 9 illustrates in detail further aspects of the first version of the fourth embodiment of the present invention;

Figure 10 illustrates a fifth embodiment of the present invention;

Figure 11 illustrates a sixth embodiment of the present invention;

10 Figure 12 illustrates in plan the substrate and edge seal member of a seventh embodiment of the present invention;

Figure 13 illustrates a cross section through the seventh embodiment of the present invention;

Figure 14 illustrates a detail of the seventh embodiment of the present invention;

15 Figure 15 illustrates in detail a further arrangement of the seventh embodiment;

Figure 16 illustrates an eighth embodiment of the present invention;

Figure 17 illustrates a ninth embodiment of the present invention;

Figure 18 illustrates a tenth embodiment of the present invention;

Figure 19 illustrates an eleventh embodiment of the present invention;

20 Figure 20 illustrates a twelfth embodiment of the present invention;

Figure 21 illustrates a thirteenth embodiment of the present invention;

Figure 22 illustrates an alternative liquid supply system according to an embodiment of the invention; and

Figure 23 illustrates, in plan, the system of Figure 22.

25 In the Figures, corresponding reference symbols indicate corresponding parts.

Embodiment 1

Figure 1 schematically depicts a lithographic projection apparatus according to a particular embodiment of the invention. The apparatus comprises:

-12-

a radiation system Ex, IL, for supplying a projection beam PB of radiation (e.g. DUV radiation), which in this particular case also comprises a radiation source LA;

a first object table (mask table) MT provided with a mask holder for holding a mask MA (e.g. a reticle), and connected to first positioning means for accurately positioning the mask with respect to item PL;

a second object table (substrate table) WT provided with a substrate holder for holding a substrate W (e.g. a resist-coated silicon wafer), and connected to second positioning means for accurately positioning the substrate with respect to item PL;

a projection system ("lens") PL (e.g. a refractive system) for imaging an irradiated portion of the mask MA onto a target portion C (e.g. comprising one or more dies) of the substrate W.

As here depicted, the apparatus is of a transmissive type (e.g. has a transmissive mask).

However, in general, it may also be of a reflective type, for example (e.g. with a reflective mask).

Alternatively, the apparatus may employ another kind of patterning means, such as a

programmable mirror array of a type as referred to above.

The source LA (e.g. an excimer laser) produces a beam of radiation. This beam is fed into an illumination system (illuminator) IL, either directly or after having traversed conditioning means, such as a beam expander Ex, for example. The illuminator IL may comprise adjusting means AM for setting the outer and/or inner radial extent (commonly referred to as σ -outer and σ -inner, respectively) of the intensity distribution in the beam. In addition, it will generally comprise various other components, such as an integrator IN and a condenser CO. In this way, the beam PB impinging on the mask MA has a desired uniformity and intensity distribution in its cross-section.

It should be noted with regard to Figure 1 that the source LA may be within the housing of the lithographic projection apparatus (as is often the case when the source LA is a mercury lamp, for example), but that it may also be remote from the lithographic projection apparatus, the radiation beam which it produces being led into the apparatus (e.g. with the aid of suitable directing mirrors); this latter scenario is often the case when the source LA is an excimer laser. The current invention and Claims encompass both of these scenarios.

-13-

The beam PB subsequently intercepts the mask MA, which is held on a mask table MT. Having traversed the mask MA, the beam PB passes through the lens PL, which focuses the beam PB onto a target portion C of the substrate W. With the aid of the second positioning means (and interferometric measuring means IF), the substrate table WT can be moved accurately, e.g. so as to position different target portions C in the path of the beam PB. Similarly, the first positioning means can be used to accurately position the mask MA with respect to the path of the beam PB, e.g. after mechanical retrieval of the mask MA from a mask library, or during a scan. In general, movement of the object tables MT, WT will be realized with the aid of a long-stroke module (course positioning) and a short-stroke module (fine positioning), which are not explicitly depicted in Figure 1. However, in the case of a wafer stepper (as opposed to a step-and-scan apparatus) the mask table MT may just be connected to a short stroke actuator, or may be fixed.

The depicted apparatus can be used in two different modes:

1. In step mode, the mask table MT is kept essentially stationary, and an entire mask image is projected in one go (i.e. a single "flash") onto a target portion C. The substrate table WT is then shifted in the x and/or y directions so that a different target portion C can be irradiated by the beam PB;
2. In scan mode, essentially the same scenario applies, except that a given target portion C is not exposed in a single "flash". Instead, the mask table MT is movable in a given direction (the so-called "scan direction", e.g. the y direction) with a speed v , so that the projection beam PB is caused to scan over a mask image; concurrently, the substrate table WT is simultaneously moved in the same or opposite direction at a speed $V = Mv$, in which M is the magnification of the lens PL (typically, $M = 1/4$ or $1/5$). In this manner, a relatively large target portion C can be exposed, without having to compromise on resolution.

Figure 2 shows the liquid reservoir 10 between the projection system PL and the substrate W which is positioned on the substrate stage WT. The liquid reservoir 10 is filled with a liquid 11 having a relatively high refractive index, e.g. water, provided via inlet/outlet ducts 13. The liquid has the effect that the radiation of the projection beam is a shorter wavelength in the liquid than in air or in a vacuum, allowing smaller features to be resolved. It is well known that the resolution limit of a projection system is determined, inter alia, by the wavelength of the projection

-14-

beam and the numerical aperture of the system. The presence of the liquid may also be regarded as increasing the effective numerical aperture. Furthermore, at fixed numerical aperture, the liquid is effective to increase the depth of field.

The reservoir 10 forms a preferably contactless seal to the substrate W around the image field of the projection lens PL so that the liquid is confined to fill the space between the substrate's primary surface, which faces the projection system PL, and the final optical element of the projection system PL. The reservoir is formed by a seal member 12 positioned below and surrounding the final element of the projection lens PL. Thus, the liquid supply system provides liquid on only a localised area of the substrate. The seal member 12 forms part of the liquid supply system for filling the space between the final element of the projection system and the substrate with a liquid. This liquid is brought into the space below the projection lens and within the seal member 12. The seal member 12 preferably extends a little above the bottom element of the projection lens and the liquid rises above the final element so that a buffer of liquid is provided. The seal member 12 has an inner periphery that at the upper end closely conforms to the shape of the projection system or the final elements thereof and may, e.g. be round. At the bottom the inner periphery closely conforms to the shape of the image field, e.g. rectangular, though this is not necessarily so. The seal member is substantially stationary in the XY plane relative to the projection system though there may be some relative movement in the Z direction (in the direction of the optical axis). A seal is formed between the seal member and the surface of the substrate. This seal is preferably a contactless seal and may be a gas seal.

The liquid 11 is confined in the reservoir 10 by a seal device 16. As illustrated in Figure 2, the seal device is a contactless seal i.e. a gas seal. The gas seal is formed by gas, e.g. air or synthetic air, provided under pressure via inlet 15 to the gap between seal member 12 and substrate W and extracted by first outlet 14. The over pressure on the gas inlet 15, vacuum level or under pressure on the first outlet 14 and the geometry of the gap are arranged so that there is a high-velocity air flow inwards towards the optical axis of the apparatus that confines the liquid 11. As with any seal, some liquid is likely to escape, for example up the first outlet 14.

Figures 22 and 23 also depict a liquid reservoir defined by inlet(s) IN, outlet(s) OUT, the substrate W and the final element of projection lens PL. Like the liquid supply system of Figure 2 the liquid supply system illustrated in Figures 22 and 23, comprising inlet(s) IN and

-15-

outlet(s) OUT, supplies liquid to the primary surface of the substrate in a localised area between the final element of the projection system and the substrate and can suffer from loss of liquid at the substrate edge.

Thus, as used herein for the embodiments, the liquid supply system can comprise that as described in relation to Figure 2 and Figures 22 and 23.

A problem with the liquid supply arrangement illustrated in Figures 2, 22 and 23 occurs when imaging edge portions of the substrate W. This is because when the substrate W edge is positioned underneath the projection system PL one of the constraining walls (the substrate W) of the liquid supply system (the bottom one as illustrated) is removed thereby allowing immersion liquid to escape. However, the present invention can be used with any other type of liquid supply system.

Figure 3 illustrates how the edge portion of a substrate W may be imaged without catastrophic loss of immersion liquid from the liquid supply system. This is achieved by the provision of a cover plate or edge seal member 17 on the substrate table WT. The edge seal member 17 has an upper (as illustrated) primary surface substantially co-planar with the upper primary surface of substrate W and is closely adjacent to the edge of the substrate W so that there is no sudden loss of liquid as the edge of the substrate moves under the projection lens PL. Some liquid loss into the gap may still occur. Of course there are arrangements in which the whole construction illustrated in Figures 2 and 3 is positioned upside down so that it is the lower surfaces of the edge seal member and the substrate which face the projection system and which are substantially co-planar. The surfaces are therefore referred to as the primary surfaces which face the projection system PL rather than upper surfaces. References herein to upper surfaces and lower surfaces may be also appropriately considered as references to lower and upper surfaces respectively in an upside-down configuration.

With this system, the liquid supply system (e.g. reservoir 10) can be positioned over the edge of the substrate W and can even be moved completely off the substrate W. This enables edge portions of the substrate W to be imaged.

The edge seal member 17 may form an integral part of the substrate table WT (as illustrated in Figure 4 as edge seal member 117) or may be temporarily mounted relative to the remainder of the substrate table by the use of, for example, vacuum suction or through use of

-16-

electromagnetic forces. Preferably the edge seal member 17 is moveable relative to the remainder of the substrate table (as illustrated in Figures 5 and 6) such that the height above the substrate table WT of the primary surface of the edge seal member 17 may be adjusted such that it is substantially co-planar with the primary surface of the substrate W. In this way the same edge seal member 17 may be used for different thicknesses of substrate W (thickness tolerance is about 25 μ m though the embodiment can account for up to about 0.2mm variation). The positioning mechanism for the edge seal member 17 may be through use of piezoelectric elements or electromagnetism, worm gear etc. A suitable mechanism is described in relation to the second embodiment described below.

The edge seal member 17 may be formed of several individual segments, each of which surrounds a portion of the edge of the substrate W.

Embodiment 2

The second embodiment is illustrated in Figures 4 to 6 and is the same or similar as the first embodiment except as described below.

In the embodiment of Figures 4 and 5 an edge liquid supply system provides liquid to a reservoir 30 via a port 40. The liquid in the reservoir 30 is optionally the same as the immersion liquid in the liquid supply system. The reservoir 30 is positioned on the opposite side of the substrate W to the projection lens and adjacent the edge of the substrate W and the edge of the edge seal member 17, 117. In Figure 5, the edge seal member 17 is comprised of an element which is separate to the substrate table WT whereas in Figure 4 the edge seal member 117 is provided by an integral portion of the substrate table WT. As can be seen most clearly from Figure 4, the substrate W is supported on the substrate table WT by a so-called pimple table 20.

The pimple table 20 comprises a plurality of projections on which the substrate W rests. The substrate W is held in place by, e.g., a vacuum source sucking the substrate onto the top surface of the substrate table WT. With the use of the reservoir 30, when the edge of the substrate W is being imaged, (i.e. when liquid in the liquid supply system under the projection lens traverses across an edge of the substrate), liquid cannot escape from the liquid supply system into the gap between the edge seal member 17, 117 and the substrate W because that space is already filled with liquid.

-17-

The mechanism 170 shown in Figure 5 for moving the edge seal member 17 relative to the remainder of the substrate table WT is illustrated in detail in Figure 6. The reason for moving the edge seal member 17 in this way is so that its primary surface can be made to be substantially co-planar with the primary surface of the substrate W. This allows a smooth movement of the liquid supply system over edge portions of the substrate W so that the bottom inner periphery of the liquid supply system can be moved to positions partly on the primary surface of substrate W and partly on the primary surface of the edge seal member 17.

A level sensor (not illustrated) is used to detect the relative heights of the primary surfaces of the substrate W and the edge seal member 17. Based on the results of the level sensor, control signals are sent to the actuator 171 in order to adjust the height of the primary surface of the edge seal member 17. A closed loop actuator could also be used for this purpose.

The actuator 171 is a rotating motor which rotates a shaft 176. The shaft 176 is connected to a circular disc at the end distal to the motor 171. The shaft 176 is connected away from the centre of the disc. The disc is located in a circular recess in a wedge portion 172. Ball bearings may be used to reduce the amount of friction between the circular disc and the sides of the recess in the wedge portion 172. The motor 171 is held in place by leaf springs 177. On actuation of the motor the wedge portion is driven to the left and right as illustrated (i.e. in the direction of the slope of the wedge portion) because of the excentre position of the shaft 176 in the disc. The motor is prevented from moving in the same direction as the direction of movement of the wedge portion 172 by the springs 177.

As the wedge portion 172 moves left and right as illustrated in Figure 6, its top surface 175 (which is the surface of the wedge which is sloped in relation to the primary surface of the edge seal member 17) contacts the bottom sloped surface of a further wedge member 173 which is fixed to the bottom of the edge seal member 17. The edge seal member 17 is prevented from moving in the direction of movement of the wedge member 172 so that when the wedge member 172 moves left and right the edge seal member 17 is lowered and raised respectively. Some biasing of the edge seal member 17 towards the substrate table WT may be necessary.

Obviously the further wedge member 173 could be replaced by an alternative shape, for example a rod positioned perpendicularly to the direction of movement of the wedge 172. If the coefficient of friction between the wedge member 172 and the further wedge member 173 is

-18-

greater than the tangent of the wedge angle then the actuator 170 is self-braking meaning that no force is required on the wedge member 172 to hold it in place. This is advantageous as the system will then be stable when the actuator 171 is not actuated. The accuracy of the mechanism 170 is of the order of a few μm .

- 5 Especially in the case of the edge seal member 117 being an integral part of the substrate table WT, a mechanism may be provided to adjust the height of the substrate W or the member supporting the substrate W so that the primary surfaces of the edge seal member 17, 117 and the substrate can be made substantially co-planar.

10 Embodiment 3

The third embodiment is illustrated in Figure 7 and is the same or similar as the first embodiment except as described below.

- This embodiment is described in relation to an edge seal member 117 which is an integral part of the substrate table WT. However, this embodiment is equally applicable to an edge seal member 17 which is movable relative to the substrate table WT. In this embodiment it is not vital however that the edge seal member 17 has an upper surface co-planar with the primary surface of the substrate, but this is preferred. A vacuum port 46 connected to a vacuum source is provided underneath and adjacent edge portions of the edge seal member 117 and the substrate W on the opposite side of the substrate W to the projection system. Preferably the port 20 46 is annular and formed by a continuous groove but may be discontinuous i.e. a discrete number of openings arranged in a circular pattern. In its simplest form the embodiment may work only with that vacuum supply via port 46. However, the basic idea can be improved by the provision of a substrate table WT as illustrated in detail in Figure 7a which illustrates a first version of the third embodiment.

- 25 A portion 48 of the substrate table WT extends from the edge of the edge seal portion 117 radially inwardly so that it is positioned below the substrate table W on the other side of the substrate W to the projection system. Any immersion liquid which leaks through the gap between the portion 48 and the substrate W is attracted towards the vacuum source via port 46. A channel 42 is provided radially inwardly of the vacuum source also under the substrate W and is 30 connected to a gas source. This may be a gas at a pressure greater than atmospheric pressure or

-19-

it may be that the channel 42 is simply open to the atmosphere. This creates a flow of air radially outwardly below the substrate W between the portion 48 of substrate table WT below the substrate W and the pimple table 20. (The pimple table 20 has its own vacuum source to hold the substrate in place.) With this flow of air any liquid escaping between edge seal member 117 and the substrate W is pulled towards an annular compartment 44 (roughly 3 x 3 mm in cross section) in fluid connection with the vacuum source. The compartment 44 is positioned between an annular port 47 open to the gap and the port 46 connected to the vacuum source. The compartment helps in establishing uniform flow around the circumference. The channel 42 is connected to a continuous annular groove (shown as a widening of the duct). The compartment 44, port 47, and/or the groove of channel 42 need not be annular and can be other appropriate shapes or configurations.

In one working embodiment, the gap between the portion 48 of substrate table WT and the substrate W is of the order of up to 100 μm (though the gap may not exist i.e. is zero), which prevents a high flow rate of liquid through the gap due to capillary action. The height of the portion 45 of the substrate table WT between the groove connected to channel 42 and compartment 44 is such that the distance between the bottom of the substrate W and the top of that portion 45 (indicated as distance D1 in Figure 7) is typically of the order of 100 μm and is chosen such that a uniform gas flow of in the region of at least 1 m/s is achievable with a pressure loss of less than 0.5 bar. Such an arrangement ensures that only very little, if any, liquid passes through the gap D1 and interferes with the pimple table 20. Other values will also work.

The first version of the third embodiment illustrated in Figure 7a can suffer from deflection of the outer 10 mm or so of the substrate W. As can be seen from Figure 7a this area is totally unsupported even though, as said above, portion 45 can be extended to underneath the substrate W where it supports the substrate W. However, at the very outer radius both the weight of the substrate W and the capillary force of water between the substrate W and portion 48 of the substrate table WT can still deflect the edge of the substrate W. Clearly this is deleterious. Solutions to this problem are illustrated in Figures 7b-d which illustrate the second through fourth versions of the third embodiment. Like reference numerals are used for the same features.

-20-

In the second version illustrated in Figure 7b, the portion 48 has at least one set of burls 348 positioned around and near to the edge of the circumference of the substrate W (in a circular pattern). As the burls 348 are discrete, immersion liquid can still seep between the portion 48 and the substrate W but the weight of the substrate W is supported by the at least one set of burls 348. Preferably the burls 348 have a smaller height than the burls of the pimple table 20 which compensates for the difference in the force downwards on the substrate W caused by the vacuum 22 of the pimple table 20 compared to the force on the substrate W at the edge in the vicinity of burl 348. The calculation must take the stiffness of the burls into account and if the burls are manufactured from a low expansion glass such as Zerodur, as they preferably are, they must be about 80 nm less high than the burls of the pimple table 20. The gap between the portion 48 and the bottom of the substrate W is preferably about 20 μm .

In the version of Figure 7b, portion 45 is similar in shape to that of the first version. However, an alternative has a ring or circular pattern of burls 345 positioned above portion 45. The discrete nature of the burls 345 allows gas from channel 42 to be sucked into the compartment 44. These burls 345 are also about 80 nm less high than the burls of the pimple table 20. Preferably gap D1 in between the burls 345 is about 50 μm . The burls 345 may be formed by the pimple table 20 and need not necessarily be part of the substrate table WT.

From the above two versions of the third embodiment it will be clear that the architecture of the air seal formed by passages 42 and 47 can be formed either completely by the substrate table WT, completely by the pimple table 20 or by a combination of both. Figures 7c and 7d illustrate two further versions of the third embodiment. Figure 7c illustrates the third version of the third embodiment in which the air seal is formed by members of the pimple table 20. The portion 45 of the first and second versions is formed by an annular portion of the pimple table 2045 and portion 48 of the first and second versions is formed by annular portion 2048 of the pimple table 20. Passages 2042, 2047 equivalent to 42 and 47 are formed between the portions 20, 2045 and 2048. However, only a part of the gas flow passes through the two passages 2042, 2047; as illustrated, some gas flows under the pimple table 20 which is effective to block further ingress of immersion liquid which seeps under the outer edge of the pimple table 20. This arrangement is advantageous because all of the required accurate dimensions are made in the pimple table 20 and the substrate table WT does not contain any complex grooves.

-21-

In the fourth version of the third embodiment illustrated in Figure 7d, no inlet channel 42 is provided and gas flows from the pimple table 20 into annular port 47. This version is advantageous in that a more stable pressure is experienced between the substrate W and the pimple table 20 because the pimple table 20 does not need its own vacuum source. Furthermore, extra passage 2042 which is required in the third version is no longer necessary and only passage 2042 is required. Thus, the single vacuum source is effective both to clear away leaking immersion fluid as well as holding the substrate in place. A gas source may be required under the pimple table 20 (perhaps the more usual vacuum port in the substrate table under the pimple table can be used for this purpose) so that a flow of gas outwards can be established.

It will be clear that various features of each of the versions of the third embodiment can be combined so long as a flow of gas radially outwardly from the centre of the pimple table towards the vacuum 46 is achieved.

Embodiment 4

The fourth embodiment is illustrated in Figures 8 and 9 and is the same or similar as the first embodiment except as described below.

This embodiment is described in relation to an edge seal member 117 which is an integral part of the substrate table WT. However, this embodiment is equally applicable to an edge seal member 17 which is movable relative to the substrate table WT.

In a first version of this embodiment as illustrated in Figure 8a, a further edge seal member 500 is used to bridge the gap between the edge seal member 117 and the substrate W. The further edge seal member is affixed to the edge seal member 117. The further edge seal member 500 is removably attachable against the surface of the substrate W opposite the primary surface. In this embodiment the further edge seal member 500 can be a flexible edge seal member which is actuatable to contact the under surface of the substrate W. When the flexible edge seal member 500 is deactivated it falls away from the substrate under gravity. The way this is achieved is illustrated in Figure 9 and is described below.

It is likely that the further edge seal member 500 will not prevent all of the immersion liquid from the liquid supply system from entering the space under the substrate W and for this reason a port 46 connected to a low pressure source may be provided under the substrate W

-22-

adjacent edges of the edge seal member 117 and the substrate W in some or all of the versions of this embodiment. Of course the design of the area under the substrate could be the same as that of the third embodiment.

The same system can be used for sensors such as a transmission image sensor (TIS) on the substrate table as opposed for the substrate W. In the case of sensors, as the sensors do not move, the edge seal member 500 can be permanently attached to the sensor, for example using glue.

Furthermore, the edge seal member 500 can be arranged to engage with the top surface of the object (that surface closest to the projection system) rather than the bottom surface. Also, the further edge seal member 500 may be provided attached to or near the top surface of the edge seal member 117 as opposed to under the edge seal member 117 as is illustrated in Figure 8a.

A second version of this embodiment is illustrated in Figure 8b. Two further edge seal members 500a, 500b are used. The first of these edge seal members 500a is the same as in the first version. The second of these edge seal members 500b is affixed to the substrate table 20 i.e. underneath the substrate W and extends with its free end radially outwardly from its attachment point. The second further edge seal member 500b clamps the first further edge seal member 500a against the substrate W. Compressed gas can be used to deform or move the second further edge seal member 500b.

A third version of this embodiment is shown in Figure 8c. The third version is the same as the second version except the first further edge seal member 500c clamps the second further edge seal member 500d to the substrate W. This avoids, for example, the need for the compressed gas of the second version.

It will be appreciated that the embodiment will also work with only the second further edge seal member 500b, 500d with or without connection to vacuum.

Various ways of deforming the further edge seal members 500, 500a, 500b, 500c, 500d will now be described in relation to the first version of the embodiment.

As can be seen from Figure 9, a channel 510 is formed in the elongate direction of a flexible further edge seal member 500 (which preferably is an annular ring) and (a) discreet port(s) are provided in an upper surface of the flexible further edge seal member which faces the

-23-

projection system and the underside of the substrate W. By connecting a vacuum source 515 to the duct 510 the flexible further edge seal member can be made to abut the substrate W by suction. When the vacuum source 515 is disconnected or switched off, the flexible further edge seal member 500 drops under gravity and/or pressure from port 46 to assume the position shown in dotted lines in Figure 9.

In an alternative embodiment a flexible further edge seal member 500 is formed with a mechanical pre-load such that it contacts the substrate W when the substrate is placed on the pimple table 20 and the flexible further edge seal member 500 deforms elastically so that it applies a force upwards on the substrate W to thereby make a seal.

In a further alternative, a flexible further edge seal member 500 may be forced against the substrate W by an overpressure generated by pressurised gas on port 46.

A flexible further edge seal member 500 may be fashioned from any flexible, radiation and immersion liquid resistant, non-contaminating material, for example, steel, glass e.g. Al_2O_3 , ceramic material e.g. SiC, Silicon, Teflon, low expansion glasses (e.g. Zerodur (TM) or ULE (TM)), carbon fibre epoxy or quartz and is typically between 10 and 500 μm thick, preferably between 30 and 200 μm or 50 to 150 μm in the case of glass. With a flexible further edge seal member 500 of this material and these dimensions, the typical pressure which is required to be applied to the duct 510 is approximately 0.1 to 0.6 bar.

Embodiment 5

The fifth embodiment is illustrated in Figure 10 and is the same or similar as the first embodiment except as described below.

This embodiment is described in relation to an edge seal member 117 which is an integral part of the substrate table WT. However, this embodiment is equally applicable to an edge seal member 17 which is movable relative to the substrate table WT.

In the fifth embodiment the gap between the edge seal member 117 and the substrate W is filled with a further edge seal member 50. The further edge seal member is a flexible further edge seal member 50 which has a top surface which is substantially co-planar with the primary surfaces of the substrate W and the edge seal member 117. The flexible further edge seal member 50 is made of a compliant material so that minor variations in the diameter of substrate

-24-

W and in the thickness of the substrate W can be accommodated by deflections of the flexible further edge seal member 50. When liquid in the liquid supply system under the projection lens passes over the edge of the substrate, the liquid cannot escape between the substrate W, flexible further edge seal member 50 and edge seal member 117 because the edges of those elements are
5 tight against one another. Furthermore, because the primary surfaces of the substrate W and the edge seal member 117 and the top surface of the flexible further edge seal member 50 are substantially co-planar, the liquid supply system operation is not upset when it passes over the edge of the substrate W so that disturbance forces are not generated in the liquid supply system.

As can be seen from Figure 10, the flexible further edge seal member 50 is in contact
10 with a surface of the substrate W opposite the primary surface of the substrate W, at an edge portion. This contact has two functions. First the fluid seal between the flexible further edge seal member 50 and the substrate W is improved. Second, the flexible further edge seal member 50 applies a force on the substrate W in a direction away from the pimple table 20. When the substrate W is held on the substrate table WT by, e.g. vacuum suction, the substrate can be held
15 securely on the substrate table. However, when the vacuum source is switched off or disconnected, the force produced by the flexible further edge seal member 50 on the substrate W is effective to push the substrate W off the substrate table WT thereby aiding loading and unloading of substrates W.

The flexible further edge seal member 50 is made of a radiation and immersion liquid
20 resistant material such as PTFE.

Embodiment 6

Figure 11 illustrates a sixth embodiment of the present invention which is the same or similar as the first embodiment except as described below.

This embodiment is described in relation to an edge seal member 117 which is an
25 integral part of the substrate table WT. However, this embodiment is equally applicable to an edge seal member 17 which is movable relative to the substrate table WT.

The sixth embodiment illustrates how the pimple table 20 can be decoupled from the liquid supply system between the substrate W and the edge seal member 117. This is done by
30 positioning an opening exposed to the atmosphere 65 between the edge of the substrate W and

-25-

the vacuum holding the substrate W on the substrate table WT and associated with the pimple table 20.

A layer 60, positioned on the opposite side of the substrate W to the projection system and under the substrate at its edge leaving a gap between the substrate W and the layer 60 of about 10 μm , is comprised of any material which is hydrophobic such as Teflon (TM), silicon rubber, or other plastics material. Inorganic materials are preferred because they have better radiation resistance. In this way, liquid which finds its way into the gap between the substrate W and the edge seal member 117 when the liquid supply system is positioned over the edge of the substrate W is repelled such that an effective seal is formed and liquid does not find its way to the pimple table 20. Preferably, the immersion liquid has a contact angle of at least 90° with the hydrophobic layer 60.

Embodiment 7

A seventh embodiment of the present invention will be described with reference to Figures 12 to 15. The seventh embodiment is the same or similar as the first embodiment except as described below.

In the seventh embodiment, as is illustrated in Figure 12, the edge seal member 17 is annular with a central hole larger than the diameter of the circular substrate W. The shapes of the substrate W and edge seal member 17 may change so long as the central hole of the edge seal member 17 is larger than the outer diameter of the substrate W. In this way, the edge seal member 17 may accommodate variations in the substrate W diameter.

The edge seal member 17 is movable on the substrate table WT such that when the liquid supply system towards an edge portion of the substrate W in order to expose it, the edge seal member 17 can be moved closely to abut that edge portion of the substrate W which is to be exposed. This is best illustrated in Figure 13 where the left hand side of the substrate W is about to be exposed.

As is clearly illustrated in Figure 14, the edge seal member 17 is movable both in the plane of the primary surface of the substrate W and preferably also in the Z direction (i.e. in the direction of the optical axis of the apparatus). In this way, the edge seal member 17 can be moved to the edge of the substrate W when required and can have the height of its top (primary)

-26-

surface adjusted so that its primary surface is closely co-planar with the primary surface of the substrate W. This allows the liquid supply system to effectively contain the immersion liquid in its reservoir even when the edge of the substrate W is being imaged.

Also illustrated in Figure 14 is a projection 175 which has a top surface which is co-planar with the primary surface of the edge seal member 17, i.e. the primary surface of the edge seal member 17 overhangs on an edge adjacent the substrate W so that the projection extends towards the optical axis of the apparatus. As can be seen from Figure 14, this allows the gap between the primary surfaces of the substrate W and edge seal member 17 to be minimised even when the edge of the substrate W is slightly curved (i.e. the edge of the substrate W is not perpendicular to the primary surface).

Another way of improving or reducing the gap between the edge seal member 17 and the substrate W is to provide a further (flexible) edge seal member 177 between the edge of the edge seal member 17 closest to the substrate W and the substrate W. This is illustrated in Figure 15. This may be done with or without a projection 175. A further flexible edge seal member 177 can deform around the edge of the substrate W so as to form a tight seal with the substrate W. The further flexible edge seal member 177 is attached to the edge seal member 17. The further flexible edge seal member 177 has an upper surface which is substantially co-planar with the primary surfaces of the substrate W and the edge seal member 17.

20 Embodiment 8

Figure 16 illustrates an eighth embodiment of the present invention which is the same or similar as the first embodiment except as described below.

This embodiment is described in relation to an edge seal member 117 which is an integral part of the substrate table WT. However, this embodiment is equally applicable to an edge seal member 17 which is movable relative to the substrate table WT.

As can be seen from Figure 16, the eighth embodiment includes a further edge seal member 100 for bridging the gap between the edge seal member 117 and the substrate W. In this case the further edge seal member 100 is a gap seal member which is positioned on the primary surfaces of the substrate W and the edge seal member 117 to span the gap between the

-27-

substrate W and edge seal member 117. Thus, if the substrate W is circular, the gap seal member 100 will also be circular (annular).

5 The gap seal member 100 may be held in place by the application of a vacuum 105 to its underside (that is a vacuum source exposed through a vacuum port on the primary surface of the edge seal member 117). The liquid supply system can pass over the edge of the substrate W without the loss of liquid because the gap between the substrate W and the edge seal member 117 is covered over by the gap seal means 100. The gap seal member 100 can be put in place and removed by the substrate handler so that standard substrates and substrate handling can be used. Alternatively the gap seal member 100 can be kept at the projection system PL and put in
10 place and removed by appropriate mechanisms (e.g. a substrate handling robot). The gap seal member 100 should be stiff enough to avoid deformation by the vacuum source. Advantageously the gap seal member 100 is less than 50, preferably 30 or 20 or even 10 μm thick to avoid contact with the liquid supply system, but should be made as thin as possible

15 The gap seal member 100 is advantageously provided with tapered edges 110 in which the thickness of the gap seal member 100 decreases towards the edges. This gradual transition to the full thickness of the gap seal member ensures that disturbance of the liquid supply system is reduced when it passes on top of the gap seal member 100.

20 The same way of sealing may be used for other objects such as sensors, for example transmission image sensors. In this case, as the object is not required to move, the gap seal means 100 can be glued in place (at either end) with a glue which does not dissolve in the immersion liquid. The glue can alternatively be positioned at the junction of the edge seal member 117, the object and the gap seal means 100.

25 Furthermore, the gap seal means 100 can be positioned underneath the object and an overhang of the edge seal member 117. The object may be shaped with an overhang also, if necessary.

The gap seal means 100, whether above or below the object, can have a passage provided through it, from one opening in a surface in contact with the edge seal means 117 to another opening in a surface in contact with the object. By positioning one opening in fluid communication with vacuum 105, the gap seal means 100 can then be kept tightly in place.

-28-

Embodiment 9

The ninth embodiment will be described with reference to Figure 17. The solution shown in Figure 17 bypasses some of the problems associated with imaging edge portions of the substrate W as well as allows a transmission image sensor (TIS) 220 to be illuminated by the projection lens PL under the same conditions as the substrate W.

The ninth embodiment uses the liquid supply system described with respect to the first embodiment. However, rather than confining the immersion liquid in the liquid supply system under the projection lens on its lower side with the substrate W, the liquid is confined by an intermediary plate 210 which is positioned between the liquid supply system and the substrate W.

The spaces 222, 215 between the intermediary plate 210 and the TIS 220 and the substrate W are also filled with liquid 111. This may either be done by two separate space liquid supply systems via respective ports 230, 240 as illustrated or by the same space liquid supply system via ports 230, 240. Thus the space 215 between the substrate W and the intermediary plate 210 and the space 220 between the transmission image sensor 220 and the intermediary plate 210 are both filled with liquid and both the substrate W and the transmission image sensor can be illuminated under the same conditions. Portions 200 provide a support surface or surfaces for the intermediary plate 210 which may be held in place by vacuum sources.

The intermediary plate 210 is made of such a size that it covers all of the substrate W as well as the transmission image sensor 220. Therefore, no edges need to be traversed by the liquid supply system even when the edge of the substrate W is imaged or when the transmission image sensor is positioned under the projection lens PL. The top surface of the transmission image sensor 220 and the substrate W are substantially co-planar.

The intermediate plate 210 can be removable. It can, for example, be put in place and removed by a substrate handling robot or other appropriate mechanism.

Embodiment 10

Figure 18 shows a modification of the liquid supply system which is applicable to any other embodiment described herein which is effective to increase the size of gap the immersion liquid can span before sudden liquid loss.

A plurality of capillaries 600 are provided between the liquid supply system (e.g. seal member 12) and the projection lens PL. These capillaries extend generally upwardly, i.e. away from the substrate W. If the capillaries have a radius r, the liquid film thickness h, which can be supported by the capillary, is given by the formula:

$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{r\rho g}$$

where σ is the interfacial tension, θ the contact angle between the liquid and the capillaries W and ρ the liquid density. Thus by making $\cos\theta$ positive (i.e. making the inner surface of the capillaries hydrophobic, for example by coating) the capillaries can support a portion of liquid with height h above the gap so that a larger gap can be spanned.

By applying a voltage between the hydrophobic coated capillaries and the liquid, $\cos\theta$ can be reduced to around zero and this allows free flow of liquid through the capillaries 600 (according to equation 1 above) so that liquid can be removed from the liquid supply system under the projection lens in little time by keeping the length of the capillaries low. This is advantageous for keeping the liquid clean. When the edge of the substrate W is imaged, the voltage can be removed so that the gap can be spanned. In order to lift the liquid film from the substrate W, it is proposed to coat the substrate W edges with a hydrophobic material (or the resist on the substrate W edges can be removed as the substrate material itself is hydrophobic).

The capillaries 600 may be provided by substantially straight ducts with a substantially circular cross-section or by other shaped ducts. For example, the capillaries may be made up of voids in a porous material.

All of the above described embodiments may be used to seal around the edge of the substrate W. Other objects on the substrate table WT may also need to be sealed in a similar way, such as sensors including sensors and/or marks which are illuminated with the projection beam through the liquid such as the transmission image sensors, integrated lens interferometer and scanner (wavefront sensor) and spot sensor plates. Such objects may also include sensors and/or

-30-

marks which are illuminated with non-projection radiation beams such as levelling and alignment sensors and/or marks. The liquid supply system may supply liquid to cover all of the object in such a case. Any of the above embodiments may be used for this purpose. In some instances, the object will not need to be removed from the substrate table WT as, in contrast to the

5 substrate W, the sensors do not need to be removed from the substrate table WT. In such a case the above embodiments may be modified as appropriate (e.g. the seals may not need to be moveable).

Each of the embodiments may be combined with one or more of the other embodiments as appropriate. Further, each of the embodiments (and any appropriate combination of

10 embodiments) can be applied simply to the liquid supply system of Figure 2 and Figures 19 and 20 without the edge seal member 17, 117 as feasible and/or appropriate.

The shape of the edge seal member 117 and the top outer most edge of the sensor 220 can be varied. For example, it may be advantageous to provide an overhanging edge seal member 117 or indeed an outer edge of the sensor 220 which is overhanging. Alternatively, an

15 outer upper corner of the sensor 220 may be useful.

Embodiment 11

Figure 19 shows an eleventh embodiment which is the same as the first embodiment except as described below.

In the eleventh embodiment the object on the substrate table WT is a sensor 220 such as a transmission image sensor (TIS). In order to prevent immersion liquid seeping underneath the sensor 220, a bead of glue 700 which is undissolvable and unreactable with the immersion fluid is positioned between the edge seal member 117 and the sensor 220. The glue is covered by immersion fluid in use.

Embodiment 12

The twelfth embodiment is described with reference to Figures 20 and 21. In the twelfth embodiment it is a sensor 220 which is being sealed to the substrate table WT. In both versions illustrated in Figures 20 and 21, a vacuum 46 is provided adjacent the gap with an

-31-

opening passage 47 and a chamber 44 for taking away any immersion liquid which should find its way through the gap between the edge seal member 117 and the edge of the substrate 220.

5 In the Figure 20 version, the vacuum 46 is provided in the substrate table WT under an overhang portion of the object 220. The passage 47 is provided in an overhanging inwardly protruding portion of the substrate table WT. Optionally a bead of glue 700 is positioned at the inner most edge of the protruding portion between the substrate table WT and the object 220. If no bead of glue 700 is provided, a flow of gas from underneath the object 220 helps seal the gap between the sensor 220 and the substrate table WT.

10 In the version of Figure 21, the vacuum 46, compartment 44 and passage 47 are provided in the object 220 itself under an inwardly protruding edge seal member 117. Again there is the option of providing a bead of glue between the object 220 and the substrate table WT radially outwardly of the passage 47.

15 Whilst specific embodiments of the invention have been described above, it will be appreciated that the invention may be practiced otherwise than as described. In particular, the invention is also applicable to other types of liquid supply systems, especially localised liquid area systems. If the seal member solution is used, it may be one in which a seal other than a gas seal is used. The description is not intended to limit the invention.

CLAIMS

1. A lithographic projection apparatus comprising:
 - a radiation system for providing a projection beam of radiation;
 - 5 - a support structure for supporting patterning means, the patterning means serving to pattern the projection beam according to a desired pattern;
 - a substrate table for holding a substrate;
 - a projection system for projecting the patterned beam onto a target portion of the substrate; and
 - 10 - a liquid supply system for at least partly filling the space between the final element of said projection system and an object positioned on the substrate table, with liquid, characterized in that said substrate table further comprises an edge seal member for at least partly surrounding an edge of the object, and a vacuum port or a liquid supply port positioned to provide a vacuum or liquid to the gap between said edge seal member and the
 - 15 object on a side opposite said projection system.
2. An apparatus according to claim 1, wherein said substrate table further comprises a channel positioned radially inwardly of said vacuum port, said channel being connected to a gas source such that on actuation of said vacuum source a flow of gas radially
- 20 outwardly from said channel towards said vacuum source is establishable.
3. An apparatus according to claim 2, wherein burrs in contact with said substrate are present radially outwardly of said channel and inwardly of said vacuum port.
- 25 4. An apparatus according to any one of the preceding claims, wherein said substrate table further comprises a portion which extends below the object and is radially outwardly of said vacuum port.

(-33-)

5. An apparatus according to claim 4, wherein said portion has parts which extend up to said object thereby to at least partly support said object.
6. An apparatus according to any one of claims 3 to 5, wherein said burls and/or
5 portion and/or parts is/are part of a pimple table which supports said substrate.
7. An apparatus according to any one of the preceding claims, further comprising a compartment in said substrate table in fluid connection with said gap via said vacuum port and with said vacuum source.
- 10 8. An apparatus according to any one of the preceding claims, wherein said vacuum port is annular.
9. An apparatus according to any one of the preceding claims, wherein said
15 vacuum port is discontinuous.
10. An apparatus according to any one of claims 1 to 8, wherein said vacuum port is continuous.
- 20 11. An apparatus according to any one of the preceding claims, wherein said vacuum port is positioned adjacent edge portions of the edge seal member.
12. A lithographic projection apparatus comprising:
- a radiation system for providing a projection beam of radiation;
 - 25 - a support structure for supporting patterning means, the patterning means serving to pattern the projection beam according to a desired pattern;
 - a substrate table for holding a substrate;
 - a projection system for projecting the patterned beam onto a target portion of the substrate; and

-34-

- a liquid supply system for at least partly filling the space between the final element of said projection system and an object positioned on the substrate table, with liquid, characterized in that said substrate table further comprises an edge seal member for at least partly surrounding an edge of the object and for providing a primary surface facing said
5 projection system substantially co-planar with a primary surface of the object and in that said liquid supply system provides liquid to a localised area of said object and/or said edge seal member and/or substrate.

13. An apparatus according to claim 12, wherein said edge seal member and
10 object are moveably mounted relative to one another.

14. An apparatus according to claim 12 or 13, wherein said edge seal member is moveable in a plane substantially parallel to said primary surface of said edge seal member for varying the distance between said edge seal member and the object.
15

15. An apparatus according to claim 12, 13 or 14, wherein said substrate table further comprises an actuator for moving said edge seal member relative to the remainder of said substrate table in a direction substantially parallel to the optical axis of the apparatus.

20 16. An apparatus according to claim 15, wherein said actuator comprises a wedge member which, on movement in a direction substantially parallel to said primary surface of said edge seal member, is effective to move said edge seal member relative to the remainder of said substrate table in the direction substantially parallel to the optical axis of the apparatus.

25 17. An apparatus according to claim 16, wherein said wedge is arranged to lock in place on removal of an actuation force by virtue of the coefficient of friction of said wedge.

(-35-)

18. An apparatus according to any one of claims 12 to 17, wherein said substrate table further comprises a hydrophobic layer adjacent edge portions of said edge seal member and the object on an opposite side of said edge seal member and the object to said projection system.

5 19. An apparatus according to claim 18, wherein said liquid has a contact angle of greater than 90° with said hydrophobic layer.

20. An apparatus according to any one of claims 12 to 19, wherein said edge seal member has a protrusion with a top surface co-planar with the primary surface of said edge seal member and extending towards the optical axis of said apparatus.

21. An apparatus according to any one of claims 12 to 20, wherein said substrate table further comprises a gap seal member for abutting or at least partly overlapping, in the direction of the optical axis, both said edge seal member and the object.

15

22. An apparatus according to claim 21, wherein said gap seal member is for being in contact with said primary surfaces thereby spanning a gap between said edge seal member and the object.

20 23. An apparatus according to claim 21 or 22, wherein said gap seal member has inner and outer edges at least one of which edges is tapered such that the distance of the surface of the gap seal member facing away from the primary surface of the edge seal member or the object decreases towards the edge of the gap seal member.

25 24. An apparatus according to any one of claims 21 to 23, wherein said substrate table further comprises a vacuum port in said primary surface of said edge seal member for holding said gap seal member in place.

(-36-)

25. An apparatus according to any one of claims 12 to 24, wherein said substrate table includes means for varying the distance of the primary surface of said object relative to the remainder of said substrate table.

- 5 26. A lithographic projection apparatus comprising:
- a radiation system for providing a projection beam of radiation;
 - a support structure for supporting patterning means, the patterning means serving to pattern the projection beam according to a desired pattern;
 - a substrate table for holding a substrate;
 - 10 - a projection system for projecting the patterned beam onto a target portion of the substrate; and
 - a liquid supply system for at least partly filling the space between the final element of said projection system and an object positioned on the substrate table, with liquid, characterized in that said substrate table further comprises an edge seal member for at
 - 15 least partly surrounding an edge of the object, and a further edge seal member for extending across the gap between said edge seal member and the object and for being in contact with the object.

27. An apparatus according to claim 26, wherein said further edge seal member is
- 20 flexible.

28. An apparatus according to claim 27, wherein said flexible further edge seal member is attached to said edge seal member.

- 25 29. An apparatus according to claim 26, 27 or 28, wherein said flexible further edge seal member has a port, connected to a vacuum source, adjacent its end distal from said edge seal member, such that on actuation of said vacuum source, said flexible further edge seal member is deflectable upwards to contact against the object thereby to form a seal between said flexible further edge seal member and the object due to the force generated by the vacuum source
- 30 acting on the object.

(-37-)

30. An apparatus according to claim 26 or 27, further comprising a second flexible further edge seal member attached under said object to said substrate table and with a free end radially outwardly from the attachment point.
- 5
31. An apparatus according to claim 26 or 27, wherein said flexible further edge seal member is disposed between said edge seal member and the object and with a surface substantially co-planar with said primary surfaces of said edge seal member and the object.
- 10
32. An apparatus according to claim 31, wherein said flexible further edge seal member is shaped for contacting the object on a surface opposite its primary surface.
33. An apparatus according to claim 31 or 32, wherein said flexible further edge seal member is effective to apply a force to the object away from said substrate table when the
- 15 object is held on said substrate table.
34. A lithographic projection apparatus comprising:
- a radiation system for providing a projection beam of radiation;
 - a support structure for supporting patterning means, the patterning means
- 20 serving to pattern the projection beam according to a desired pattern;
- a substrate table for holding a substrate;
 - a projection system for projecting the patterned beam onto a target portion of the substrate; and
- a liquid supply system for filling the space between the final element of said
- 25 projection system and an object positioned on said substrate table, with liquid;
- characterized in that said substrate table further comprises a support surface for supporting an intermediary plate between said projection system and the object and not in contact with the object.

(-38-)

35. An apparatus according to claim 34, wherein said liquid supply system includes a liquid supply port for filling the space between said intermediary plate and said object with a liquid.

5 36. An apparatus according to claim 34 or 35, wherein said substrate table further comprises a transmission image sensor for sensing a beam and wherein said intermediary plate is positionable between said sensor and said projection system.

37. An apparatus according to claim 34, 35 or 36, wherein said liquid supply
10 system includes a projection system liquid supply system for filling the space between the final element of said projection system and said intermediary plate with a liquid.

38. An apparatus according to any one of claims 34 to 37, wherein said
intermediary plate has a cross sectional area in a plane perpendicular to the optical axis of the
15 apparatus greater than that of said object such that all the edges of said object can be covered by said intermediary plate.

39. A lithographic projection apparatus comprising:
- a radiation system for providing a projection beam of radiation;
20 - a support structure for supporting patterning means, the patterning means serving to pattern the projection beam according to a desired pattern;
- a substrate table for holding a substrate;
- a projection system for projecting the patterned beam onto a target portion of
the substrate; and
25 - a liquid supply system for at least partly filling the space between the final element of said projection system and an object positioned on said substrate table, with liquid;
characterized in further comprising:

(-39-)

- a member of the liquid supply system extending along at least part of the boundary of said space between the final element of said projection system and said substrate table; and

- capillaries extending away from said substrate table and positioned between
5 said member and said final element of said projection system.

40. Apparatus according to claim 37, wherein said capillaries are tubes.

41. Apparatus according to claim 40, wherein said capillaries are formed by a
10 porous membrane.

42. Apparatus according to any one of claims 39 to 41, wherein an inner coating of said capillaries is hydrophobic.

15 43. Apparatus according to any one of claims 39 to 42, further comprising means for applying a potential difference between said liquid in said space and said capillaries.

44. Apparatus according to any one of the preceding claims, wherein said object to be imaged is the substrate or a sensor.

20

45. Apparatus according to any one of the preceding claims, wherein said edge seal member or, said first or second further edge seal member is glued to said object around the circumference of said object.

25

1 ABSTRACT

Lithographic Apparatus and Device Manufacturing Method

5 A lithographic projection apparatus is disclosed in which the space between the final element of the projection system and the substrate is filled with a liquid. An edge seal member 17, 117 at least partly surrounds the substrate W or other object on the substrate table WT to prevent catastrophic liquid loss when edge portions of the substrate or are imaged or illuminated.

10

2 Representative Drawing

Fig. 3

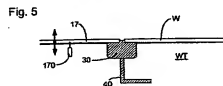
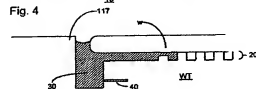
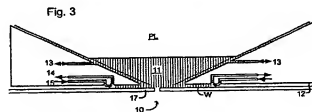
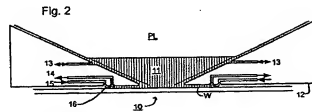
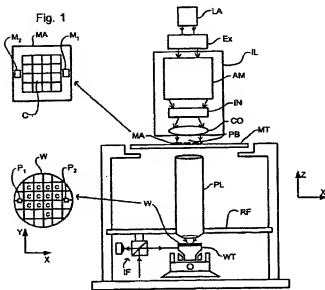


Fig. 6

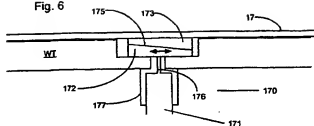


Fig. 7a

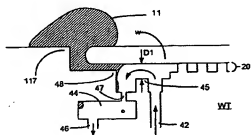


Fig. 7b

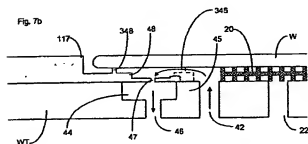


Fig. 8b

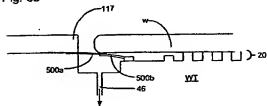


Fig. 8c

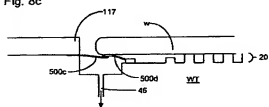


Fig. 7c

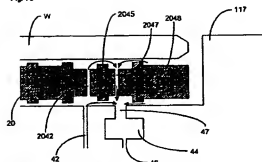


Fig. 7d

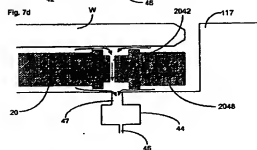


Fig. 8a

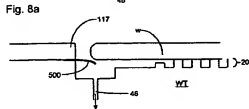


Fig. 9

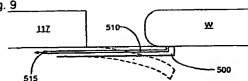


Fig. 10

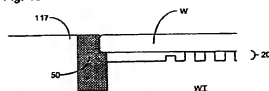


Fig. 11

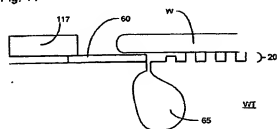


Fig. 12

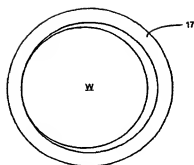


Fig. 13

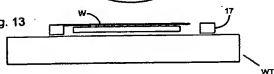


Fig. 14

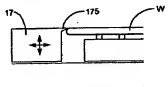


Fig. 15

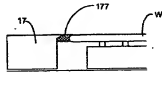


Fig. 19

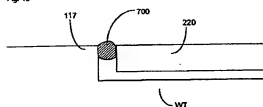


Fig. 20

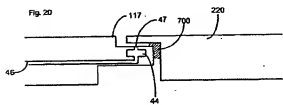


Fig. 21

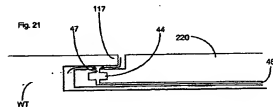


Fig. 16

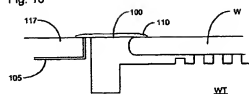


Fig. 17

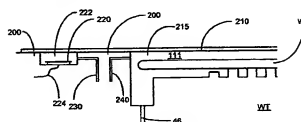


Fig. 18

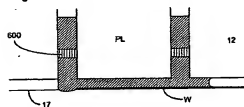


Fig. 22

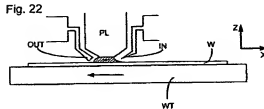


Fig. 23

